

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки: 27.04.04 - Управление в технических системах
Отделение школы (НОЦ): Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования

УДК 681.515.033.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Пэй Синьсинь		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР, Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М. В.	к.т.н		
Руководитель ООП, Доцент ОАР ИШИТР	Пушкарев М.И.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева И.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С.В.	к.т.н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	профессиональные
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки(специальность): Управление в технических системах
 Отделение школы (НОЦ): Отделение автоматизации и робототехники

(Подпись)

(Дата)

Пушкарёв М.И.
(Ф.И.О.)

Группа	ФИО
8АМ61	Пэй Синьсинь

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>- программная среда MATLAB, STEP7, WinCC;</p> <p>- контроллера SIEMENS S-400;</p> <p>- лабораторный стенд.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение контроллера SIMATIC S-400. 2. Изучение программного пакета STEP7. 3. Изучение языка программирования FBD. 4. Изучение программного пакета WinCC. 5. Создание программного обеспечения на базе контроллера SIMATIC S-400. 6. Создание методического обеспечения для выполнения лабораторной работы.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *. pptx, 14 слайдов</p> <p>Слайд 1 - Тема ВКР.</p> <p>Слайд 2 - Цель и задачи ВКР.</p> <p>Слайд 3 - Типы корректирующих устройств.</p> <p>Слайд 4 - Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением.</p> <p>Слайд 5 - Логарифмическая амплитудная частотная характеристика и фазовая частотная характеристика КУ.</p> <p>Слайд 6 - Нечеткая логика.</p> <p>Слайд 7 - Алгоритм нечеткого вывода Mamdani</p> <p>Слайд 8 - Система управления с корректирующим устройством.</p> <p>Слайд 9 - Результаты исследований системы автоматического управления в программном пакете MatLab.</p> <p>Слайд 10 - Передаточные функции каналов КУ.</p> <p>Слайд 11 - Программная реализация.</p> <p>Слайд 12 - Мнемосхема.</p> <p>Слайд 13 - Программно-методическое обеспечение.</p> <p>Слайд 14 - Заключение.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Основная часть</p>	<p>Доцент ОАР, к.т.н. Скороспешкин М. В.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН, к.э.н. Баннова К.А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент, Авдеева Ирина Ивановна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Заключение</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Скороспешкин М. В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Пэй Синьсинь		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки : 27.04.04 - Управление в технических системах
Уровень образования: Магистратура
Отделение школы (НОЦ): Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения: Весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.18	Основная часть	75
30.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2018	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОАР	Скороспешкин М. В.	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Пушкарев М.И.	к.т.н		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»
 Студенту:

Группа	ФИО
8АМ61	Пэй Синьсинь

Инженерная школа информационных технологий и робототехники		Отделение автоматизации и робототехники	
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.04 Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ	Проведение предпроектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения НТИ
2. Инициация проекта	Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НТИ, разработка графика проведения НТИ, планирование бюджета НТИ.
3. Планирование управления научно-техническим проектом	Составление перечня этапов и работ по выполнению НИР, составление калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов. Бюджетирование и организация структуры предприятия.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности и перспектив научного исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Функционально-стоимостная диаграмма
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Календарный план проекта
5. Длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Баннова К.А.	К.Э.Н.		01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Пэй Синьсинь		01.03.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ61	Пэй Синьсинь

Инженерная школа информационных технологий и робототехники		Отделение автоматизации и робототехники	
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.04 Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Целью магистерской диссертации является разработка, исследование и программная реализация нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования.</p> <p>Работа направлена на повышение качества систем автоматического регулирования, в ходе которой исследуется псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением, параметры настройки которого меняются на основе аппарата нечеткой логики, тем самым улучшая качество переходного процесса.</p> <p>Рабочая зона: ПК(Matlab, Mathcad, step 7, Wincc), контроллер s-400.</p> <p>Область применения – Автоматизированные системы управления технологическими процессами.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.3. Рекомендации по минимизации влияний на работника.	1.1.В качестве вредных факторов согласно ГОСТ 12.0.003-74 выделены: показатели микроклимата и освещения, шум, вибрация, электромагнитное излучение, психофизические факторы (нервно психологические, статические, умственные, монотонность). 1.2.В качестве опасных факторов выделены: опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое электричество. 1.3.Приведены рекомендации по улучшению микроклимата в помещении согласно
---	--

	СанПиН2.2.4.548–96.
2. Экологическая безопасность: 2.1. Анализ воздействия на окружающую среду 2.2. Рекомендации по минимизации влияния на окружающую среду.	2.1. Деятельность по разработке ПО не связана с производством, поэтому влияние на окружающую среду минимально. 2.2. Рассмотрена утилизация бумажных отходов и неисправных комплектующих ПК. Правила утилизации люминесцентных ламп.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1. Перечень возможных ЧС на объекте. 3.2. Меры по предотвращению и ликвидации ЧС и их последствий.	3.1. Возможные ЧС в офисном помещении является возникновение пожара. Определена категория помещений по пожароопасности по НПБ 105-03 и класс зон взрывопожароопасности по СП 12.13130.2009. Рассмотрены меры пожарной безопасности. 3.2. Приведены способы защиты от пожара.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4.1 Охрана труда для операторов и пользователей ПК. Требования безопасности во время работы. Соответствие рабочего места по требованиям и правила и нормы поведения на производстве согласно НТД (ГОСТ 12.2.032-78) 4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Соблюдение "Трудового кодекса Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			14.05.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ61	Пэй Синьсинь		14.05.2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 132 с., 63 рисунков, 23 таблицы, 24 источников, 4 приложений, 14 слайдов мультимедийной презентации.

Ключевые слова: ПСЕВДОЛИНЕЙНОЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ МАТЛАВ, НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА, КОНТРОЛЛЕР SIMATIC S7-400, ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ STEP 7, ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ WinCC.

Цель работы - провести исследование и программно реализовать нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением на контроллере SIMATIC S7-400.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены линейные, нелинейные и псевдолинейные корректирующие устройства. Произведен выбор псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением, проведено исследование его работы в составе системы автоматического регулирования (САР). изучен аппарат нечеткой логики. Разработано, исследовано и программно реализовано псевдолинейное нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением. Исследование свойств корректирующих устройств и САР осуществлялось с применением программных пакетов Matlab и MathCAD.

Программная реализация нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования выполнена в программном пакете STEP 7 на языке FBD.

Результаты исследования показали эффективность разработанного нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования нестационарными объектами.

Так же разработано методическое обеспечение в виде методических указаний для выполнения лабораторной работы.

Разработанное методическое обеспечение будет использовано в учебном

процессе при изучении курса «Адаптивные системы управления» студентами, обучающимися по направлению 27.04.04 - Управление в технических системах Томского политехнического университета.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ОСНОВЫ ТЕОРИИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ	17
1.1 Линейные корректирующие устройства	18
1.2 Нелинейные корректирующие устройства	19
1.3 Псевдолинейные корректирующие устройства	21
1.3.1. Анализ некоторых систем коррекции	23
1.4 Выбор корректирующих устройств	30
1.5 Основы теории адаптивных систем	30
1.5.1 Функциональные особенности и назначение адаптивных систем ...	32
1.5.2 Структура и принцип работы адаптивных САР	35
2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	37
2.1 Нечеткие множества	38
2.1.1 Операции нечеткого множества	39
2.1.2 Создание функции принадлежности	41
2.1.3 Широкоизвестные типы функции принадлежности:	42
2.2 Нечеткий регулятор	43
2.2.1 Структура нечеткого регулятора	44
2.2.2 Метод получения правил нечеткого регулятора:	46
2.2.3 Оценка состояния базы правил нечеткой логики	47
2.3 Общие Алгоритм Нечеткого Регулятора	48
3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С НЕЧЕТКИМ КОРРЕТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ В СРЕДЕ MATLAB	51
4 СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА	64
4.1 Структурная схема лабораторного стенда	65
4.2 Пакеты программирования STEP 7 и WinCC	68
5 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ САР С НЕЧЕТКИМ КОРРЕКТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ.	71
5.1. Программное обеспечение лабораторного комплекса	71
5.1.1 Программ САР с нечетким КУ на языке FBD	71
5.1.2 Мониторинг и симуляции системы	75

5.2 Методическое обеспечение	77
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕЖЕНИЕ	79
6.1 Предпроектный анализ	80
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	80
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	82
6.1.3 Fast - анализ	83
6.1.4 Диаграмма Исикавы.....	85
6.1.5 SWOT-анализ	87
6.2 Инициация проекта	89
6.2.1 Организационная структура проекта.	90
6.2.2 Разработка графика проведения научного исследования.....	90
6.2.3 Бюджет научно-технического исследования	95
6.2.4 Расчет материальных затрат НТИ	95
6.2.5 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	96
6.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	97
6.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	98
6.2.8 Накладные расходы.....	100
6.2.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	100
6.3 Реестр рисков проекта	101
6.3.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	102
6.3.2 Анализ показателей методики освоенного объема.....	103
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	107
7.1 Техногенная Безопасность	108
7.1.1 Производственная санитария.....	109
7.2 Техника безопасности.....	119
7.2.1 Электробезопасность	120
7.2.2 Экологическая безопасность.....	121
7.3 Чрезвычайные Ситуации	122
7.4 Организационные Мероприятия Обеспечения Безопасности.....	124
7.4.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений.	126

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	130
ПРИЛОЖЕНИЕ А	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ В	140

ВВЕДЕНИЕ

Любые технические устройства, и в том числе системы автоматического регулирования и управления должны удовлетворять требованиям общетехнического характера, к которым можно отнести надежность, помехозащищенность, технологичность конструкции, удобство эксплуатации и другие. Среди них наиболее выделяются требования по точности регулирования и управления, следовательно, основной задачей при проектировании систем автоматического регулирования (САР) является выбор структуры и параметров САР, элементов и методов их технической реализации, дающих возможность реализации высокого качества регулирования, точности и быстродействия.

Задачи автоматического управления охватывают также вопросы адаптации, самонастройки систем управления, в соответствии с изменением её параметров или внешних воздействий, вопросы обеспечения оптимального функционирования систем управления [1].

Зачастую при проектировании систем автоматического управления дается предположение, что известен характер возмущений, влияющих на САР, при этом параметры системы при рабочих условиях, не изменяются либо изменяются в малых пределах. На самом же деле существует возможность, что при процессе функционирования системы характеристики объекта управления (ОУ) и параметры внешней среды, оказывающие влияние на ОУ, непредвиденным образом изменяются, что приводит к отклонению процесса управления от предполагаемого, а также ухудшению показателей качества.

На сегодняшний день для повышения качества систем автоматического регулирования широко применяются специальные корректирующие устройства, которые позволяют менять характеристики САР в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Наряду с этим, в последнее время большую популярность получили нечеткие модели и алгоритмы управления. Установлено, что нечеткое управление базируется на применении не только аналитических или

теоретических моделей, но и на практическом использовании знаний квалифицированных специалистов, отображенных в форме лингвистических баз правил. Нечеткое управление эффективно в случаях недетерминированности параметров объектов, когда существует определенный опыт экспертов по управлению и настройке системы автоматического регулирования [2].

Поскольку сегодня значительная часть САР базируется на свободно программируемых промышленных контроллерах, то существует возможность создания на их базе практически любого алгоритма управления, в том числе основанного на аппарате нечеткой логики.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка, исследование и программная реализация нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования. Работа направлена на повышение качества систем автоматического регулирования, путем применения в САР псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением, параметр настройки которого меняется на основе аппарата нечеткой логики, тем самым улучшая качество переходного процесса.

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ОСНОВЫ ТЕОРИИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

Улучшение качества процесса регулирования это не только повышение точности в типовых режимах, но и изменение динамических свойств системы регулирования в целях того, чтобы получить необходимый запас устойчивости и быстродействия. Основное значение этой проблемы есть обеспечение запаса устойчивости.

В условиях решения задач повышения запаса устойчивости разрабатываемой системы автоматического регулирования, необходимо предварительно сделать попытку изменить ее параметры рациональным образом (коэффициенты передачи отдельных звеньев, постоянные времени и т.п.) так, чтобы удовлетворить требованиям качества регулирования, определяющиеся критериями качества. При неосуществимости этой задачи в условиях имеющейся системы необходимо изменить (скорректировать) ее структуру. [3]

Коррекцией систем автоматического управления (САУ) – это изменение их динамических свойств (характеристик) для того, чтобы обеспечить требуемый запас устойчивости, повышение динамической точности и показателей качества переходного процесса. Коррекция реализуется подключением в систему дополнительных элементов – корректирующих устройств [4], изменяющих динамику полной системы в необходимом направлении. К корректирующим устройствам можно отнести корректирующие звенья, которые представляют собой динамические звенья с определенными передаточными функциями. [3]

Основной задачей корректирующего устройства является улучшение точности системы и качества переходных процессов. Тем не менее в то же самое время путем введения корректирующих устройств можно решить и общую задачу, а именно сделать систему устойчивой, в случае если она была неустойчивой без них, а впоследствии достичь необходимого качества

процесса регулирования. [5]

В случае использования корректирующих звеньев либо для получения устойчивости системы регулирования, либо для повышения ее запаса устойчивости, они именуются соответствующе, либо демпфирующими, либо стабилизирующими звеньями. То есть звенья сглаживают колебания, возникающие в данной системе регулирования. Термин «корректирующие звенья» также используется и для звеньев, применяющихся в системе для изменения статических и динамических свойств [3].

Все корректирующие устройства, которые применяются в САУ, классифицируются на линейные и нелинейные корректирующие устройства.

1.1 Линейные корректирующие устройства

Линейные корректирующие устройства имеют как достоинства, так и недостатки. К ним можно отнести жесткую зависимость между амплитудными и фазовыми частотными характеристиками. В качестве примера можно рассмотреть дифференцирующие фазопережающие цепи, которые создают положительный сдвиг, но вместе с тем приносят ослабление в области низких частот, т. е. в области спектра полезного сигнала. Следовательно, можно наблюдать низкую помехоустойчивость дифференцирующих цепей. Необходимо, чтобы корректирующие устройства реализовывали опережение по фазе без изменения амплитудной характеристики, ослабляли высокие частоты без изменения фазовой характеристики, обеспечивали опережение по фазе и одновременно подавляли высокие частоты. Данный ряд задач решается при помощи нелинейных корректирующих устройств.

Линейные корректирующие устройства имеют и другие недостатки, такие как ограниченная возможность в приобретении высоких показателей качества в автоматических системах. То есть, в случае если в линейной системе для повышения быстродействия (уменьшения времени установления t_y) увеличивать коэффициент усиления разомкнутой системы k_p , то это приводит к уменьшению запаса устойчивости, увеличению колебательности

переходного процесса. Сказанное выше проиллюстрировано на рисунке 1.1, где приведены кривые 1 и 2 переходных процессов линейной САУ при коэффициентах усиления k_{p1} и k_{p2} соответственно ($k_{p2} > k_{p1}$).

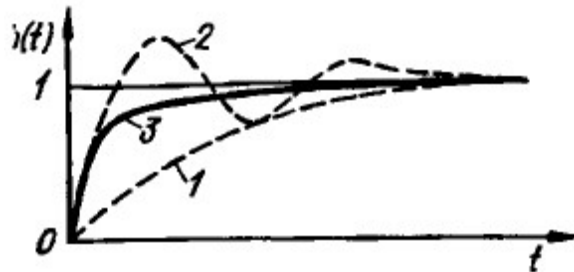


Рисунок 1.1 – Переходные процессы САУ при линейной (1 и 2) и нелинейной (3) коррекции.

Использование линейных корректирующих устройств может способствовать повышению в некоторых пределах значения коэффициента усиления системы, но при этом нет возможности снять указанное противоречие и необходимость компромиссного решения в случае выбора коэффициента усиления системы и настройки корректирующего устройства. Однако существует возможность устранить данное противоречие при помощи применения нелинейных корректирующих устройств, которые изменяют собственное влияние на систему в зависимости от ошибки системы.

1.2 Нелинейные корректирующие устройства

В результате использования нелинейной коррекции возможно получение желаемого процесса, пример которого изображен на рисунке 1.1 кривой 3. Из рисунка видно, сочетание полезных свойств процессов 2 и 1: начальная часть процесса 3 совпадает с процессом 2 линейной системы, благодаря чему обеспечивается большое быстродействие системы, а окончание процесса 3 подобно окончанию процесса 1, т. е. является монотонным. Достижение данного процесса возможно при изменении коэффициента усиления разомкнутой системы, k_p в зависимости от величины ошибки θ . При больших θ значение k_p должно быть большим, чтобы обеспечить быстрое уменьшение ошибки (начальный участок кривой 3), а по мере уменьшения θ

значение k_p должно уменьшаться для завершения переходного процесса без перерегулирования. Реализация такого изменения k_p возможна при помощи простейшего последовательного нелинейного корректирующего устройства (рисунок 1.2, а). При больших значениях напряжения ошибки u_θ нелинейное сопротивление R_1 мало и поэтому коэффициент усиления цепи $k_1 = R_2 / (R_1 + R_2)$ больше. По мере уменьшения u_θ нелинейное сопротивление R_1 увеличивается, а коэффициент усиления k_1 уменьшается. Примерный график зависимости k_1 от u_θ отображен на рисунке 1.2, б. По идентичному графику далее изменяется коэффициент усиления системы k_p . Недостаток коррекции при помощи использования данного корректирующего устройства состоит в том, что оно изменяет лишь k_p системы, не компенсируя при этом вредное влияние инерционностей ее элементов. Из-за этого получаются малые значения k_p в установившихся динамических режимах, следовательно, большие динамические ошибки системы.

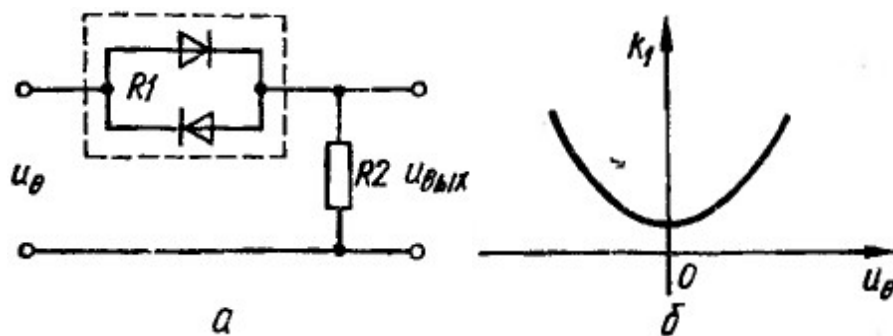


Рисунок 1.2 – Последовательное нелинейное корректирующее устройство (а) и его характеристика $k_1 = f(u_\theta)$ (б).

При помощи нелинейных корректирующих устройств есть возможность удовлетворить постоянно повышающимся требованиям к показателям качества САУ. Нелинейную коррекцию следует рассмотреть в качестве общего средства коррекции, нежели как линейную коррекцию, относящуюся к частному случаю нелинейной коррекции. При помощи нелинейных корректирующих устройств существует возможность решить задачу

компенсации вредных естественных нелинейностей. При этом следует подчеркнуть, что нелинейная коррекция есть наиболее специализированная коррекция в части внешних воздействий. Существует вероятность, что нелинейная коррекция, которая выбрана для определенного класса внешних воздействий, окажется неэффективной при ином классе внешних воздействий. Следовательно, в случае широкого диапазона внешних воздействий лучшей становится линейная коррекция. Отмечается, что общей методики синтеза нелинейных корректирующих устройств не существует, поэтому необходимо прибегнуть к использованию частного приема и схем нелинейных корректирующих устройств. [4]

1.3 Псевдолинейные корректирующие устройства

Для целей анализа и синтеза нелинейных систем широко применяются частотные методы. При таком подходе из большого разнообразия схем нелинейных устройств, пригодных для использования в цепях коррекции систем автоматического управления, может быть выделен некоторый класс нелинейных корректирующих устройств, в которых равнозначные амплитудно-фазовые характеристики не зависят от амплитуды входящего сигнала. Данное обстоятельство позволяет рассмотреть нелинейные корректирующие устройства установленного класса как псевдолинейные. При этом подразумевается отсутствие в таких устройствах жесткой взаимосвязи между фазовой и амплитудной характеристиками. Отмеченный признак применяется в условиях разработки схем псевдолинейных корректирующих устройств.

С целью формирования надлежащих запасов устойчивости при регулировании задач стабилизации замкнутых систем управления необходимо не только уклониться годографом амплитудно-фазовой частотной характеристики разомкнутой системы от охвата критической точки $(-1, 0)$, но и создать условия для его удаления от данной точки. Это достигается применением соответствующих корректирующих устройств.

Корректирующее устройство, в котором присутствуют один из трех

видов частотных характеристик, изображенных на рисунке 1.3, которые в свою очередь делают возможным подавление усиления при росте частоты без отклонения фазы (рис.1.3 а); нарастание фазового опережения с ростом частоты без колебания усиления (рис. 1.3, б); падение усиления, которое сопровождается повышением фазового опережения при росте частоты (рис. 1.3, в), было бы в наибольшей степени целесообразным корректирующим устройством.

Посредством применения корректирующего устройства, которое обладает теми или иными из указанных частотных характеристик, возможно улучшение относительной устойчивости системы автоматического управления, иначе говоря, повышения запасов устойчивости по фазе и амплитуде.

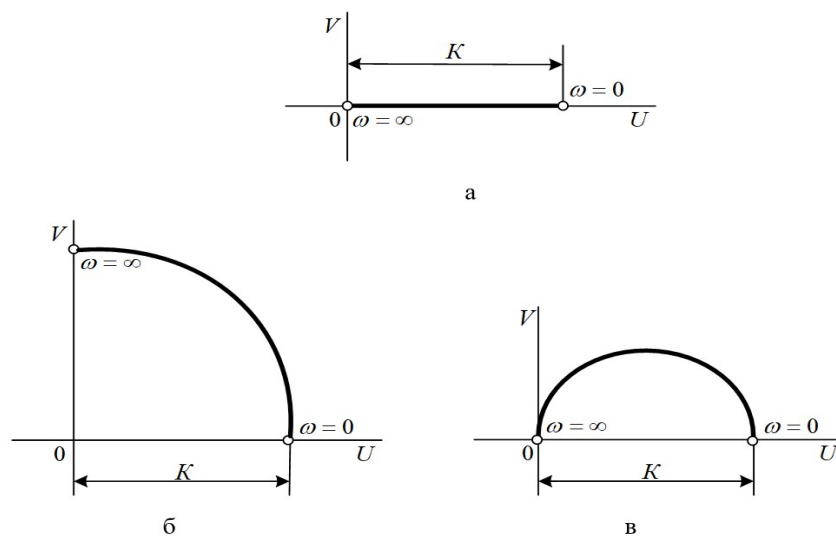


Рисунок 1.3 - Изображение желаемых амплитудно-фазовых характеристик корректирующего устройства.

На рисунке приведены обозначения: а - подавление усиления при росте частоты без отклонения фазы; б - нарастание фазового опережения при росте частоты без колебания усиления; в - падение усиления, которое сопровождается повышением фазового опережения с ростом частоты.

Установившаяся реакция нелинейного звена на входной синусоидальный сигнал

$$x = A \cdot \sin(\omega t) \quad (1.1)$$

(вынужденные колебания) обычно имеют несинусоидальную форму

$$y = F(x) \quad (1.2)$$

Аппроксимативное понятие вынужденных колебаний, а именно регистрация лишь базовой синусоиды (далее первой гармоники) в случае разложения в ряд Фурье, равнозначно гармонической линеаризации нелинейности. Руководствуясь сказанным выше, существует возможность применить созданный для линейных систем частотный аппарат с целью нахождения первой гармоники вынужденных колебаний величины (2)

Рассмотрим эквивалентный целостный коэффициент усиления или эквивалентную АФХ нелинейного звена

$$J(A, \omega) = a(A, \omega) + j \cdot b(A, \omega) \quad (1.3)$$

Где $a(A, \omega)$ и $b(A, \omega)$ - зависящие от амплитуды и частоты входного сигнала коэффициенты гармонической линеаризации.

Формулу (3) также можно представить в виде:

$$J(A, \omega) = q(A, \omega) e^{j\mu(A, \omega)} \quad (1.4)$$

Где $q(A, \omega)$ - эквивалентная амплитудная характеристика нелинейного звена

$$q(A, \omega) = \sqrt{[a(A, \omega)]^2 + [b(A, \omega)]^2} \quad (1.5)$$

$\mu(A, \omega)$ - эквивалентная фазовая характеристика нелинейного звена.

$$\mu(A, \omega) = \arctg \frac{b(A, \omega)}{a(A, \omega)} \quad (1.6)$$

1.3.1. Анализ некоторых систем коррекции

Нелинейный фильтр с амплитудным ослаблением.

Нелинейный фильтр, который допускает получение падения амплитуды при росте частоты без отклонения фазы (рис.1.3, а), может быть выполнен по схеме, показанной на рисунке 1.4.

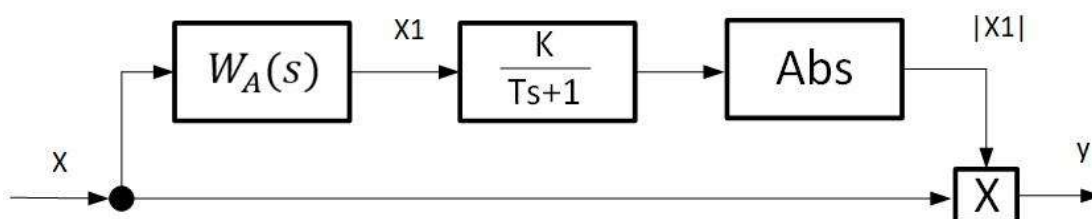


Рисунок 1.4 -схема нелинейного фильтра с амплитудным подавлением

Форма сигналов в характерных точках фильтра показана на рисунке 1.5.

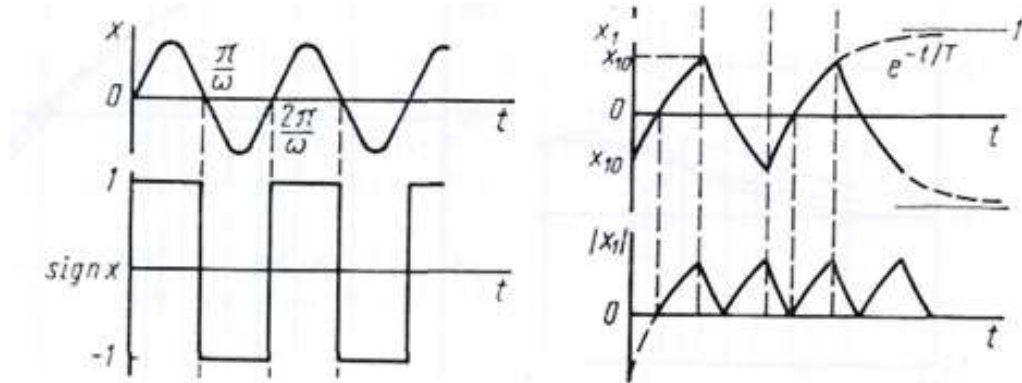


Рисунок 1.5- Форма сигналов в характерных точках нелинейного фильтра с амплитудным подавлением в случае синусоидального входящего сигнала

Таким образом, через анализ можем считать сигнал на выходе блока сигнатуры синусоидальным, то, произведя вычисления, аналогичные проделанным выше, получим следующие упрощенные формулы для a и b .

$$a = \frac{k \cdot 8}{\pi^2 \sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \left(1 + \frac{1}{3} \cos 2\theta\right) \quad (1.7)$$

$$b = \frac{k \cdot 8}{\pi^2 \sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \left(\frac{1}{3} \sin 2\theta\right) \quad (1.8)$$

Где $\theta = -\arctg(\omega T)$

Логарифмические частотные характеристики фильтра $[q(\omega)]$ и $[\mu(\omega)]$ при вычислении a и b .

Частотные характеристики корректирующего устройства при различных значениях параметра T амплитудного канала вычисляются по уже известным формулам (1.7) и (1.8), после того как найдены коэффициенты гармонической линеаризации.

Логарифмическая амплитудная характеристика определяется по формуле:

$$L(\omega) = 20 \cdot \log \sqrt{a^2 + b^2} = 20 \cdot \log A(\omega) \quad (1.9)$$

В программном пакете MathCad были построенные семейства ЛАЧХ и ФЧХ при значениях параметра T амплитудного канала $T = 0 \dots 10$ корректирующего устройства и при постоянном значении коэффициент K .

$$T = [0, 0.01, 0.1, 0.5, 0.8, 1, 2, 4, 6, 8, 10] \quad K=1$$

Коэффициенты гармонической линейаризации и графики ЛАЧХ и ФЧХ с амплитудным подавлением показаны на рисунке 1.6, 1.7.

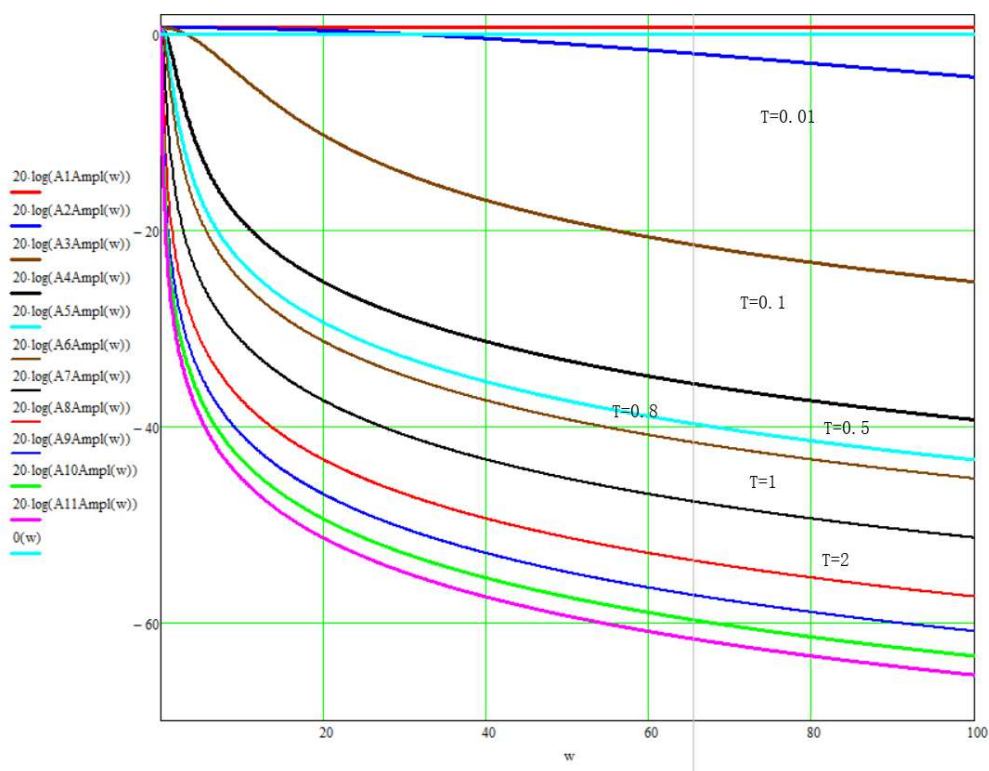


Рисунок 1.6 – Семейство ЛАЧХ КУ с амплитудным подавлением при разных значениях параметра T

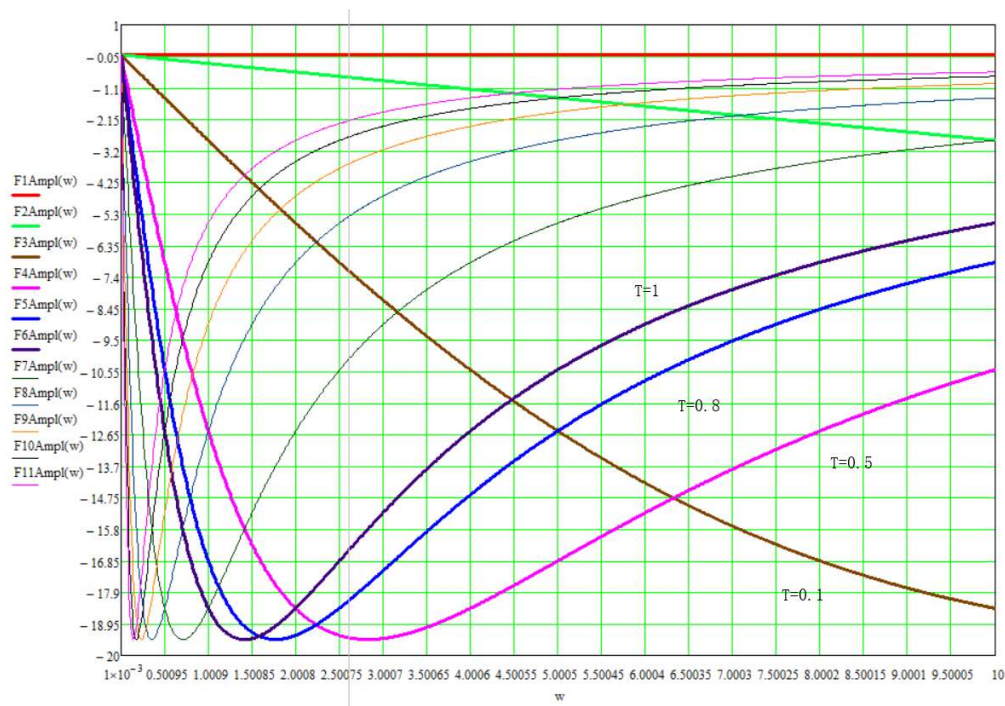


Рисунок 1.7 - Семейство ФЧХ КУ с амплитудным подавлением при разных значениях параметра T

Нелинейный фильтр с фазовым опережением.

Коррекция создает фазовое опережение без ослабления амплитуды.

Полученная схема приведена на рисунке 1.8.

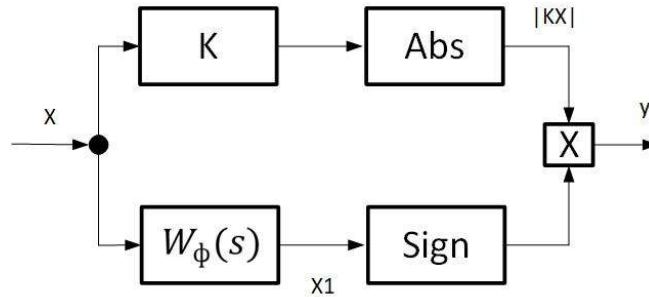


Рисунок 1.8 - схема нелинейного фильтра с фазовым опережением

Аналогичным образом на вид характеристики нелинейности влияет изменение частоты и при неизменных параметрах линейного фильтра.

Нелинейные характеристики представляет на рисунке 1.9.

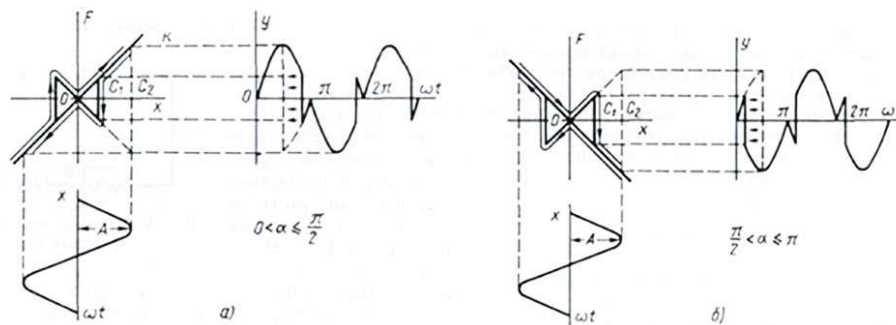


Рисунок 1.9 - Нелинейные характеристики: (а — при фазовом опережении до 90°; б — при фазовом опережении от 90° до 180°)

Если в схеме используется линейный фильтр с передаточной функцией.

$$W(s) = \frac{T_1}{T} * \frac{Ts+1}{T_1s+1} \quad (1.10)$$

То создаваемое им опережение

$$\alpha = \arctg \frac{\omega T(1-\nu)}{1+\omega^2 T^2 \nu} \quad (1.11)$$

Где через ν обозначено отношение $\frac{T}{T_1}$.

Тогда, получаем для них следующие выражения:

$$a = \frac{\kappa}{\pi} (\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha) \quad (1.12)$$

$$b = \frac{\kappa}{\pi} (1 - \cos 2\alpha) \quad (1.13)$$

Частотные характеристики корректирующего устройства при различных значениях параметра T фазового канала вычисляются по уже известным формулам (1.12) и (1.13), после того как найдены коэффициенты гармонической линеаризации.

В программном пакете MathCad были построены семейства ЛАЧХ и ФЧХ при значениях параметра T фазового канала $T_1 = 1 \dots 100$ корректирующего устройства и при постоянном значении коэффициента K и T .

$$K=1, T=0.1, T_1 = [100, 30, 10, 5, 1]$$

Коэффициенты гармонической линеаризации и графики АЧХ и ФЧХ с амплитудным подавлением показаны на рисунке 1.10, 1.11.

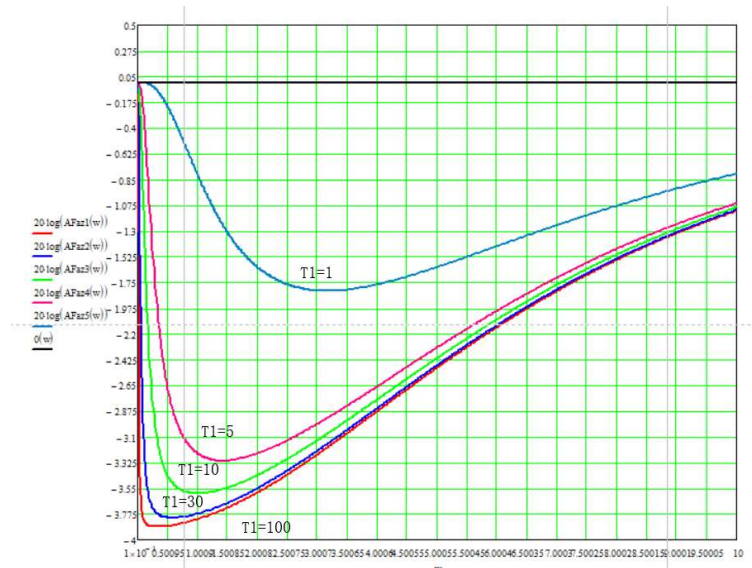


Рисунок 1.10 - Семейство ЛАЧХ КУ с фазовым опережением при разных значениях параметра T

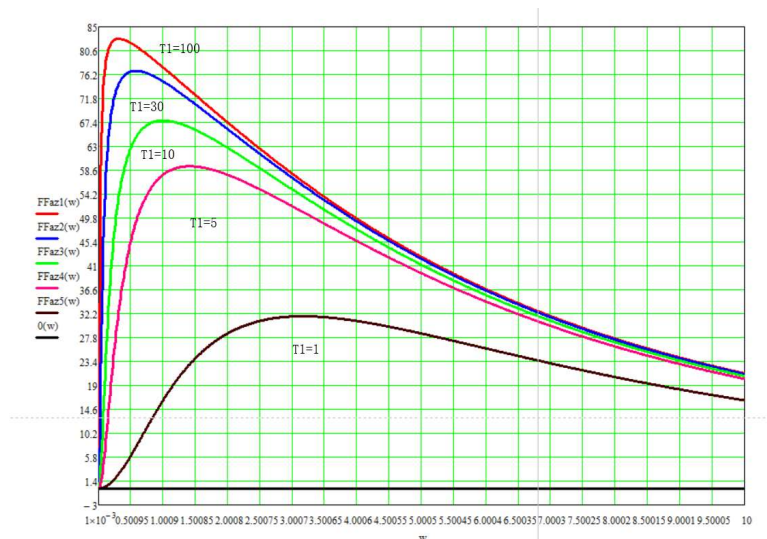


Рисунок 1.11 - Семейство ФЧХ КУ с фазовым опережением при разных значениях параметра T

Нелинейный фильтр с отдельными каналами для амплитуды и фазы.

Схема нелинейной коррекции (рис.1.12) способствует получению различных амплитудно-фазовых соотношений, а именно условно автономно формировать амплитудную и фазовую характеристики нелинейного фильтра.

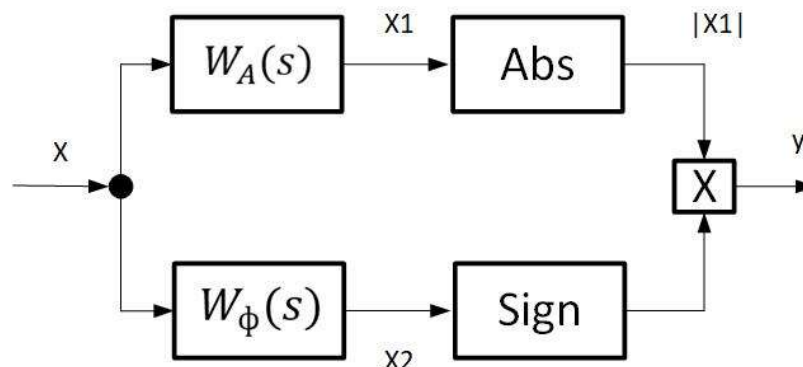


Рисунок 1.12 – схема нелинейного фильтра с амплитудными и фазовыми характеристиками

В случае если линейный фильтр в фазовой области обладает передаточной функцией вида (9), а в амплитудной области использован линейный фильтр с передаточной функцией:

$$W_A(s) = \frac{k}{T_2 s + 1} \quad (1.14)$$

То, обозначая отношение $\frac{T_2}{T}$ через γ , а $\frac{T_1}{T}$ через ν , как и раньше,

выражения для нахождения a и b можно выразить в виде:

$$a = \frac{k}{\pi^2 \sqrt{1+\omega^2 T^2}} [(\pi - 2\alpha - 2\theta) \cos \theta + \sin \theta + \cos \alpha \sin(\alpha + \theta) + \sin \alpha \cos(\alpha + \theta)] \quad (1.15)$$

$$b = \frac{k}{\pi^2 \sqrt{1+\omega^2 T^2}} [(2\theta - 2\alpha - \pi) \sin \theta + \sin \theta \sin 2\alpha - \cos \theta \cos 2\alpha] \quad (1.16)$$

Где θ - фазовое запаздывание, вносимое фильтром W_A

$$\theta = \arctg(\omega \gamma T)$$

α - фазовое опережение, создаваемое фильтром определяется выражением (10).

Частотные характеристики корректирующего устройства при различных значениях параметра T фазового канала вычисляются по уже известным формулам (1.15) и (1.16), после того как найдены коэффициенты гармонической линеаризации.

В программном пакете MathCad были построены семейства ЛАЧХ и ФЧХ при значениях параметра T_1 фазового канала $T_1 = 0.01 \dots 5$ корректирующего устройства и при постоянном значении коэффициент K , T и T_2 .

$$T=10, T_2=1, K=1, T_1 = [0.01, 0.1, 0.5, 1, 2.5, 5]$$

Коэффициенты гармонической линеаризации и графики ЛАЧХ и ФЧХ с амплитудным подавлением показаны на рисунке 1.13, 1.14.

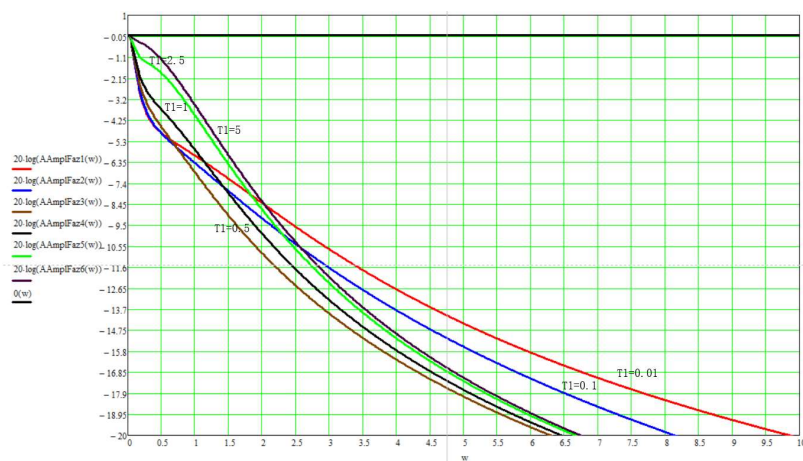


Рисунок 1.13 - Семейство ЛФЧХ КУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы при различных значениях параметра T_2

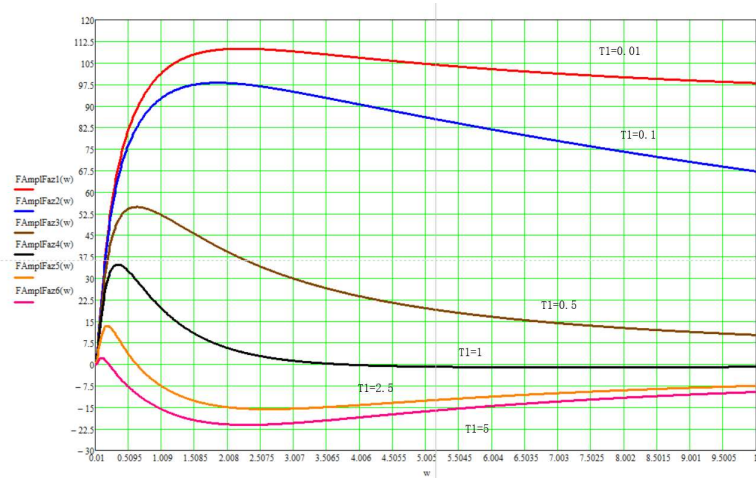


Рисунок 1.14 - Семейство ФЧХ КУ с отдельными каналами для амплитуды и фазы при различных значениях параметра T_2

1.4 Выбор корректирующих устройств

Так как недостатком линейных корректирующих устройств является жесткая зависимость между амплитудными и фазовыми частотными характеристиками, нужно произвести выбор корректирующие устройства, который позволяет сформировать амплитудную и фазовую частотные характеристики независимо друг от друга.

В данной работе в качестве корректирующего устройства, на основе которого была разработана система управления, выбрано псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением. Структурная схема КУ приведена выше на рисунке 1.4.

В состав выбранного корректирующего устройства входят линейный фильтра: в амплитудном канале апериодическое звено первого порядка:

$$W_A(s) = \frac{k}{Ts+1} \quad (1.17)$$

Улучшение качества регулирования САУ осуществляется изменением параметра T линейного элемента $W_A(s)$.

1.5 Основы теории адаптивных систем

При работе с САУ обычно предполагают, что характер воздействия на

систему и параметры системы при работе либо не изменяются, либо изменяются в незначительных пределах. Однако характеристики реальных внешних воздействий существенно отличаются от расчетных или оптимальных, и, следовательно, ошибки системы превосходят допустимые.

Помимо изменений характеристик внешних воздействий изменяются и некоторые параметры управляемого объекта или целой системы, которые изменяются по разным причинам, таким как «старение», изменение окружающей среды, давление, влажность и др. Уменьшает влияние изменения параметров системы на ее работу обратная связь в САУ с принципом управления по отклонению, однако это изменение может привести к отклонениям процесса управления от расчетного, ухудшениям ее показателей качества.

В таком случае в условиях неполной доопытной информации о внешних воздействиях и о параметрах объекта управления усложняется задача управления. Возможность управления объектами при такой неопределенности базируется на использовании адаптации в автоматических системах, которая уменьшает неопределенность при применении информации, получаемой в процессе управления.[4] Адаптация – это процесс изменения свойств системы, который позволяет достичь удовлетворительного или наилучшего функционирования в постоянно изменяющихся условиях. В связи с этим возникает необходимость осуществить автоматическое управление объектами, параметры которых при изменении во внешней среде могут изменяться в широком диапазоне. В данном случае информация об изменениях параметров недостаточна, чтобы по результатам текущего измерения показателей состояния системы подытожить необходимые управляющих воздействий. К такому типу объектов относятся высокоскоростные летающие аппараты, летающие в верхних слоях атмосферы; промышленные объекты, которые работают на сырье, которые способствуют сильным случайным колебаниям параметров, и другие непосредственно объекты, в которых получение доопытных данных о характеристиках не предоставляется возможным.

Следовательно, с последующим усложнением решаемых задач и неимением практической возможности подробного изучения процессов в управляемых объектах возникает необходимость в применении адаптивных систем. [6,7]

1.5.1 Функциональные особенности и назначение адаптивных систем

Адаптивная система — это система управления, которая может изменять свои собственные характеристики, чтобы адаптироваться к изменениям динамических характеристик объектов и помех. Этот способ адаптивного управления, при работе системы опираясь на непрерывный сбор информации процесса управления для определения текущего фактического рабочего статуса управляемого объекта, обеспечивает оптимизацию критерий эффективности и формирование закона адаптивного управления, чтобы настроить структуру контроллера в режиме реального времени, при этом параметры позволяют системе всегда работать автоматически как в оптимальном, так и в неоптимальном рабочем состоянии.

«Адаптивная» система - это непосредственно, система, которая адаптируется к изменениям окружающей среды так, чтобы ее поведение достигало лучших или, по крайней мере, допустимых характеристик и функций в новой или измененной среде. Адаптивную систему можно назвать системой возможностей.

При управлении обратной связью и оптимальном управлении предполагается, что математическая модель управляемого объекта или процесса известна и имеет линейный постоянный характер. Фактически, во многих проектах математическую модель управляемого объекта или процесса трудно определить заранее, так как ошибки, создаваемые внешними воздействиями, могут превышать допустимые, существенно отличаясь от расчетных или оптимальных. Даже в случае определения математической модели при определенных условиях, нельзя исключать изменения условий и динамических параметров управляемого объекта и системы в целом, которые, впоследствии, ведут к изменению структуры самой модели. Данные

характеристики произвольно меняются вследствие изнашивания, изменения в окружающей среде, смены давления, а также другим немаловажным другим причинам. Данная проблема приводит к ухудшению показателей качества контроллера. Следовательно, для этой цели должна быть разработана специальная система управления, которая может автоматически компенсировать непредсказуемые изменения в параметрах и входных сигналах модели. Это называется адаптивным управлением.

Начиная с первой адаптивной системы управления, предложенной Массачусетским технологическим институтом в конце 1950-х годов, появилось много различных форм адаптивных систем управления. Основные из них:

1. Адаптивное управление усилением
2. Адаптивный контроль модели (MRAC)
3. Саморегулирующийся контроль (STC)
4. Прямая оптимизация адаптивного управления объектной функцией
5. Нечеткое адаптивное управление
6. Мультимодульное адаптивное управление
7. Адаптивный обратный контроль

Адаптивный контроль модели (MRAC) и саморегулирующийся контроль (STC) — это две наиболее популярные адаптивные системы управления.

Прежде всего адаптивные системы применяются к такого рода объектам как высокоскоростные летательные аппараты - ракеты и реактивные самолеты, область полета которых - верхние слои атмосферы; промышленные объекты, в работе которых используется сырье с случайными колебаниями параметров, превышающие норму, а также ряд других, вследствие того, что данные о характеристиках или уравнениях объекта, чтобы на основании которых можно сделать вывод относительно нужных управляющих воздействий, получить не возможно, так как параметры изменяются в широком диапазоне.

Главной концепцией адаптивного управления считается компенсирование воздействия неопределенности объекта управления и

нестабильности посредством ввода в регулятор иной сознательно организуемой неустойчивости.

Характерным признаком адаптивных систем является то, что адаптивной системе присуща неопределенность, то есть отсутствие полной информации об объекте управления, помех и граничных условиях. Главной задачей системы является раскрытие неопределенности, т.е. выявление оптимального состояния, при котором возможна реализация цели управления.

На рисунке 1.15 приведена общая схема адаптивной системы управления:

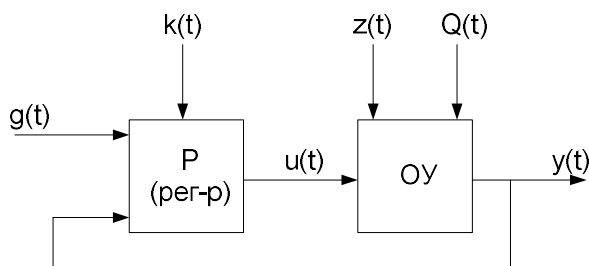


Рисунок 1.15– Схема адаптивной системы управления:

$z(t)$ – возмущение;

$Q(t)$ – нестационарность параметров ОУ.

Процесс адаптации можно охарактеризовать тремя общими свойствами:

1.С помощью дополнительных элементов и устройств производится постоянный контроль и управление рабочих характеристик всей системы.

2.Характеристики и операции в системе оцениваются количественно, т.е. либо в виде показателя качества, либо в виде числовой характеристики выражается наблюдаемое поведение.

3.В случае изменения показателя качества, для повторного достижения оптимального значения, используя соответствующие дополнительные устройства, возможно изменение параметров устройства управления, вследствие чего происходит изменение параметров всей системы.

Применение принципов адаптивного управления приводит к:

- обеспечению оптимального режима работы системы управления в условиях неполной информации;

- обеспечению работоспособности системы управления, при условиях изменения в широких пределах динамических свойств объекта;
- созданию унифицированных регуляторов для распространённого класса объектов;
- снижению технологических требований к созданию отдельных узлов и элементов;
- сокращению сроков разработки и наладки систем. [8,9]

1.5.2 Структура и принцип работы адаптивных САУ

Адаптивная САУ имеет следующую структуру (рисунок 1.16):

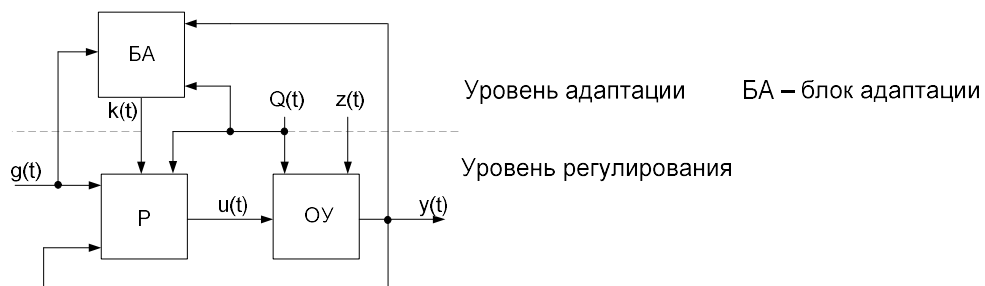


Рисунок 1.16 – Структура адаптивной САУ

Адаптивная система, имея два уровня, представляет собой иерархическую систему, в которой нижний уровень представлен областью, где решаются 3 вида задач регулирования, а именно: задачи стабилизации, программного управления и слежения. На верхнем уровне лежит задача в стабилизации характеристик базисного контура системы управления, при этом наблюдаются изменение динамических характеристик объекта управления. Адаптивная система также может содержать три и больше уровней, в зависимости от ситуации.

На блоке адаптации осуществляется автоматическая адаптация в виде разомкнутой, замкнутой и комбинированной системы.

В процессе работы адаптивной системы обновляется информация, касающаяся изменения свойств внешних помех и параметров объекта. Данная информация способствует автоматическому изменению алгоритма управления адаптивной системы, а также обеспечивает оптимальное качество управления

объекта в постоянно меняющихся условиях работы. Достижение автоматического изменения вида алгоритма управления и коэффициентов происходит вследствие изменения параметров и структуры управляющего устройства, а также требует дополнительных устройств.

2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В традиционной области управления точность динамической модели системы управления является наиболее важным обстоятельством, влияющим на качество контроля. Следовательно, чем более детально динамическая информация системы, тем более точным может быть контроль.

Однако для сложной системы из-за слишком большого количества переменных часто сложно правильно описать динамику системы. Поэтому инженеры зачастую используют различные методы упрощения динамики системы для достижения главной цели контроля, но и они не идеальны. Другими словами, традиционная теория управления обладает сильной и мощной способностью управления четкими системами, но она бессильна для систем, которые слишком сложны или трудны для точного описания. Для решения этой проблемы применяется нечеткая логика.

Fuzzy Logic Control (сокращенно Fuzzy Control) - это технология компьютерного численного управления, основанная на теории нечетких множеств, нечетких лингвистических переменных и нечеткой логике. В 1965 году Л.А. Заде из США основал теорию нечетких множеств, а в 1973 году он дал определения управления нечеткой логикой и связанных с ней теорем. В 1974 году британский Е.Н. Mamdani впервые создал нечеткий контроллер на основе нечетких контрольных заявлений и применил его к управлению котлами и паровыми двигателями, чтобы добиться успеха лаборатории. Эта новаторская работа знаменует собой рождение нечеткой кибернетики.

Нечеткое управление по существу является своего рода нелинейным управлением и относится к категории интеллектуального управления. Одной из характеристик нечеткого контроля является то, что существуют как систематическая теория, так и большое количество практических приложений.

За 20 лет нечеткое управление добилось больших успехов как в теории, так и в технологиях, и стало очень активной и плодотворной отраслью в области автоматического управления. В основном применяется во:

- множестве аспектов производства и жизни, такие как стиральные машины, кондиционеры, микроволновые печи, пылесосы, камеры и видеокамеры и другие.

- области промышленного контроля - процессы очистки воды, процессы ферментации и химические реактивы, цементные печи и т.д.

- в специальной системе и других аспектах: парковки в метро, вождение автомобиля, лифты, эскалаторы, паровые двигатели и роботы.

2.1 Нечеткие множества

Пусть U – некоторое множество элементов μ , и $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$. Нечетким подмножеством A в U называется график отображения μ_A , то есть множество вида $\{(\mu, \mu_A(\mu)) : \mu \in U\}$; при этом значение $\mu_A(\mu)$ называется степенью принадлежности μ к подмножеству A .

Таким образом, задание нечеткого подмножества A и U эквивалентно заданию его функции принадлежности $\mu_A(\mu)$. [10]

Схема структуры нечеткого множества представлена на рисунке 2.1.

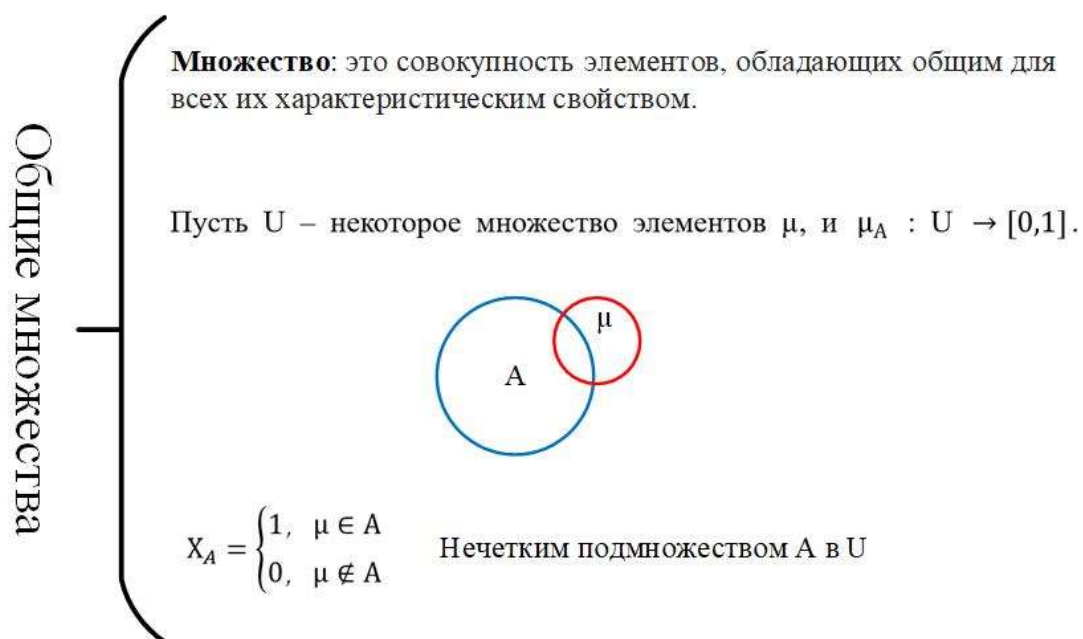


Рисунок 2.1 - Схема структуры нечеткого множества

Чтобы описать эти неоднозначные отношения, была введена концепция положения, заключающихся в степенях принадлежности:

1. Когда элемент u принадлежит множеству A , говорят, что степень принадлежности элемента 1.

2. Когда элемент u не принадлежит множеству A , говорят, что степень принадлежности элемента равна 0;

3. Когда элемент u частью принадлежит множеству A , а часть не принадлежит множеству A , членство элемента u на A называется числом в открытом интервале $(0, 1)$.

Примечание:

1. Степень принадлежности субъективна и может быть произвольно задана в соответствии с реальной ситуацией.

2. Суть неопределенности состоит в том, что некоторые из неясностей, не являются частью множества.

Представление нечетких множеств

$$U = \{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \dots \dots \mu_n\} \quad (2.1)$$

(1) для дискретного множества U :

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(\mu_1)}{\mu_1}, \frac{\mu_A(\mu_2)}{\mu_2}, \frac{\mu_A(\mu_3)}{\mu_3}, \frac{\mu_A(\mu_4)}{\mu_4}, \dots \dots \frac{\mu_A(\mu_n)}{\mu_n} \right\} \quad (2.2)$$

Последовательное четное представление:

$$A = \{(\mu_1, \mu_A(\mu_1)), (\mu_2, \mu_A(\mu_2)), (\mu_3, \mu_A(\mu_3)), \dots \dots (\mu_n, \mu_A(\mu_n))\} \quad (2.3)$$

Уравнение (18) можно упростить:

$$A = \{\mu_A(\mu_1), \mu_A(\mu_2), \mu_A(\mu_3), \mu_A(\mu_4), \dots \dots \mu_A(\mu_n)\} \quad (2.4)$$

Где, элемент со степенью принадлежности к нулю нельзя опустить.

(2) для непрерывного множества U :

$$A = \frac{\mu_A(\mu)}{\mu} | \mu \in U \quad (2.5)$$

2.1.1 Операции нечеткого множества

Пусть A и B – нечеткие множества на унифицированном множестве U . Утверждается, что A равно B , если $\forall x \in E \mu_A(x) = \mu_B(x)$. Обозначается как $A = B$.

$$\mu_A(\mu) = \mu_B(\mu) \quad (2.6)$$

Формулировка A содержит B достоверна, если $\forall x \in E \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$.

Данная операция называется операцией включения и обозначается как $A \subset B$.

Иногда используется термин доминирование, то есть если $A \subset B$, то это выражение можно описать так, что B доминирует над A.

$$\mu_A(\mu) \geq \mu_B(\mu) \quad (2.7)$$

Пересечение: $A \cap B$ - нечеткое подмножество, которое содержится одновременно и в A, и в B.

$$\mu_{A \cap B}(\mu) = \text{MIN}(\mu_A(\mu), \mu_B(\mu)) \quad (2.8)$$

Визуально уравнение (2.8) представлено на рисунке 2.2.

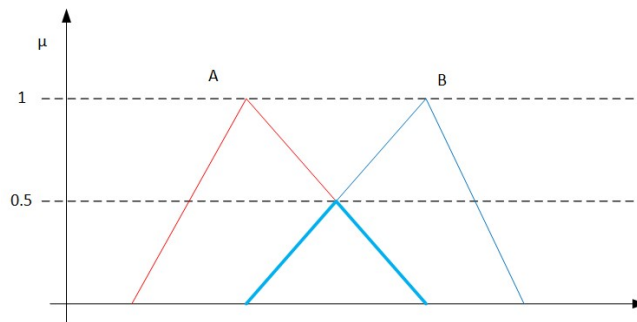


Рисунок 2.2 – Визуализация уравнения (2.8).

Объединение: $A \cup B$ - нечеткое подмножество, включающее как A, так и B, функции принадлежности которого имеют вид:

$$\mu_{A \cup B}(\mu) = \text{MAX}(\mu_A(\mu), \mu_B(\mu)) \quad (2.9)$$

Визуально уравнение (2.9) представлено на рисунке 2.3.

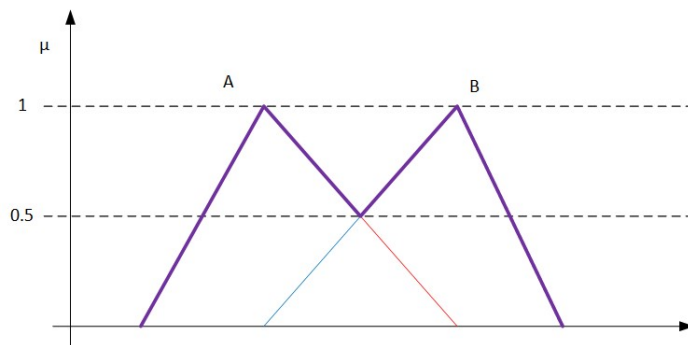


Рисунок 2.3 – Визуализация уравнения (2.9)

Дополнение:

$$\mu_{\bar{A}}(\mu) = 1 - \mu_A(\mu) \quad (2.10)$$

На рисунке 2.4 изображена симметрия относительно прямой $\mu = 0.5$.

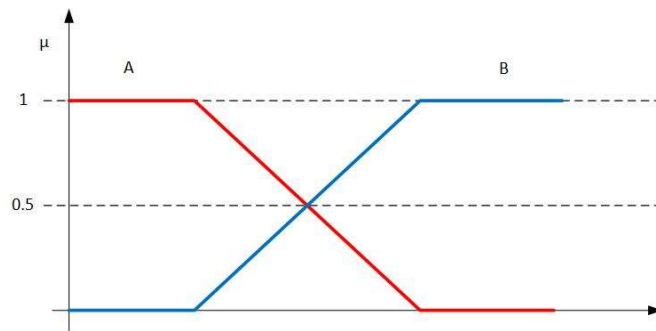


Рисунок 2.4 - симметрия относительно прямой $\mu = 0.5$

2.1.2 Создание функции принадлежности

Принципы:

1. Нечеткое множество должно быть выпуклым нечетким множеством. Сначала определяется точка с наибольшей степенью членства, а затем обе стороны монотонно убывают по форме.
2. Общеизвестно, что получение переменных между различными функциями принадлежности требует симметрии и баланса: А) Значение переменной часто является нечетным числом, в основном: 3 ~ 9; Б) Симметрия и баланс принимаются для других значений переменных и соответствующих функций принадлежности по обе стороны от лингвистической переменной, такого как «ноль», «комфорт» и «умеренный».
3. Лингвистические значения одних и тех же лингвистических переменных должны следовать порядку семантики, чтобы избежать ненадлежащего перекрытия их функций принадлежности.
4. Рассмотрим соответствующий индекс перекрытия между функциями принадлежности смежных языковых значений. а Общее совпадение составляет 0,2-0,6; б Значение принадлежности в любой точке перекрывающейся части не превышает 1.

Из рисунка 2.5 видно, что уровень перекрытия определяется уравнением (2.11).

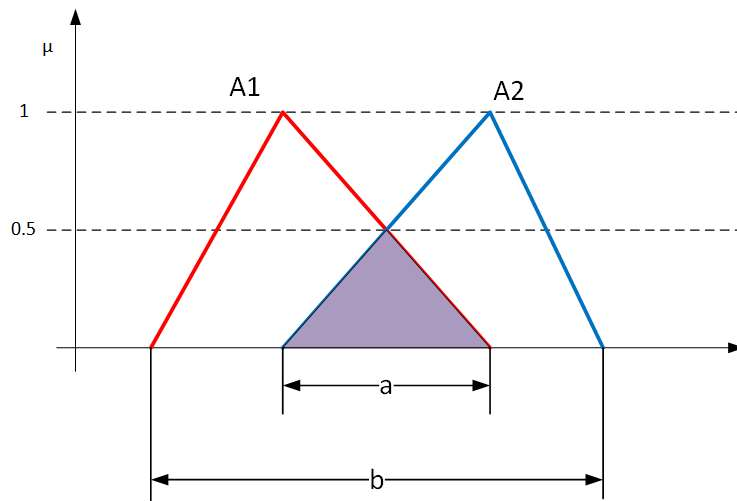


Рисунок 2.5 – Схема уровня перекрытия

$$\delta = \frac{a}{b} \quad (2.11)$$

где a - Суммарный интервал A1 и A2

b - Полный интервал A1 и A2

δ - Уровень перекрытия (отношение a к b)

2.1.3 Широкоизвестные типы функции принадлежности:

1. Тип Z (зачастую показано нечеткое множество в крайней левой части) (рис.2.6).

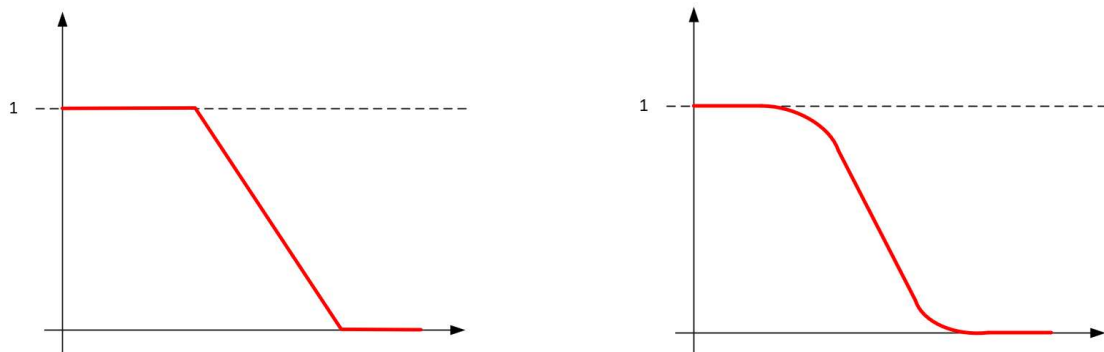


Рисунок 2.6 – Тип Z функции принадлежности

2. Тип S (зачастую показано нечеткое множество в крайней правой части).(рис.2.7)

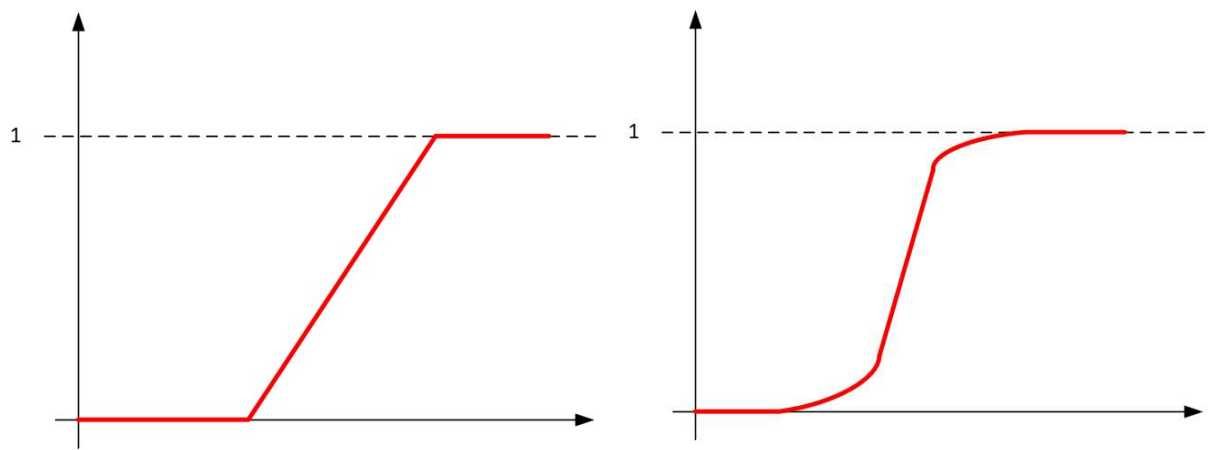


Рисунок 2.7 – Тип S функции принадлежности

3. Тип П (зачастую показано нечеткое множество в средней части).
(рис.2.8)

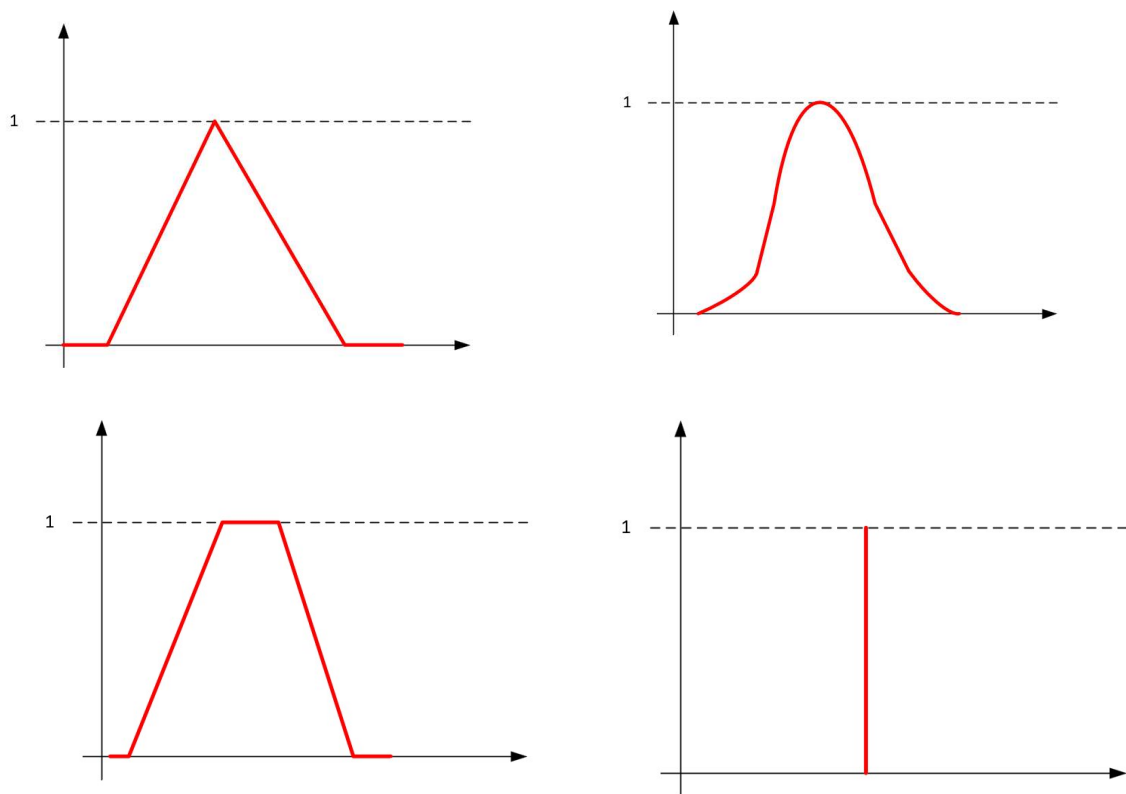


Рисунок 2.8 – Тип П функции принадлежности

2.2 Нечеткий регулятор

Нечётким регулятором (от англ. *fuzzy controller*) является регулятор, который построен на базе нечеткой логики

Реализация нечеткого регулятора осуществляется по следующим шагам:

1. Определение входных лингвистических переменных.
2. Определение лингвистической переменной, которую необходимо получить.
3. Определение правил образования из входных переменных результирующей.

В итоге, возникает возможность определить нужные значения.

2.2.1 Структура нечеткого регулятора

Нечеткий регулятор системы управления состоит из пяти основных частей: определение переменных, фаззификации, базы знаний, логических суждений и дефаззификация.

Обобщенная структура нечеткой логики состоит из пяти основных частей: определение переменных, фаззификация, базы знаний, логические суждения и дефаззификация:

1. Определение переменных

Например, в общей системе управления входная переменная имеет ошибку выхода E и частоту ошибок выхода $ЕС$, а нечеткое управление при этом принимает управляющую переменную как вход U следующего состояния. Среди них E , $ЕС$ и U в совокупности называются нечеткими переменными.

2. Фаззификация

Входное значение преобразуется в значение множества U в соответствующей пропорции, лингвистическая переменная используется для описания процесса измерения физической величины, а относительная степень принадлежности значения определяется в соответствии с подходящим лингвистическим значением. Эта лингвистическая переменная называется нечетким подмножеством. (fuzzy subsets)

3. База знаний

База знаний содержит в себе две части: базу данных (data base) и базу

правил (rule base), в которых база данных содержит соответствующие определения для обработки нечетких данных, а база правил описывает цели и функции управления с помощью набора правил.

4. Логическое суждение

Имитируя нечеткую концепцию человеческого суждения, методы нечеткой логики и нечеткого вывода используются для выводов и получения нечетких управляющих сигналов. Эта часть является сущностью нечеткого контроллера.

5. Дефаззификация

Дефаззификация означает преобразование значения вывода в четкий управляющий сигнал в качестве входного значения системы.

Обобщенная структура нечеткой логики представлено на рисунке 2.8.

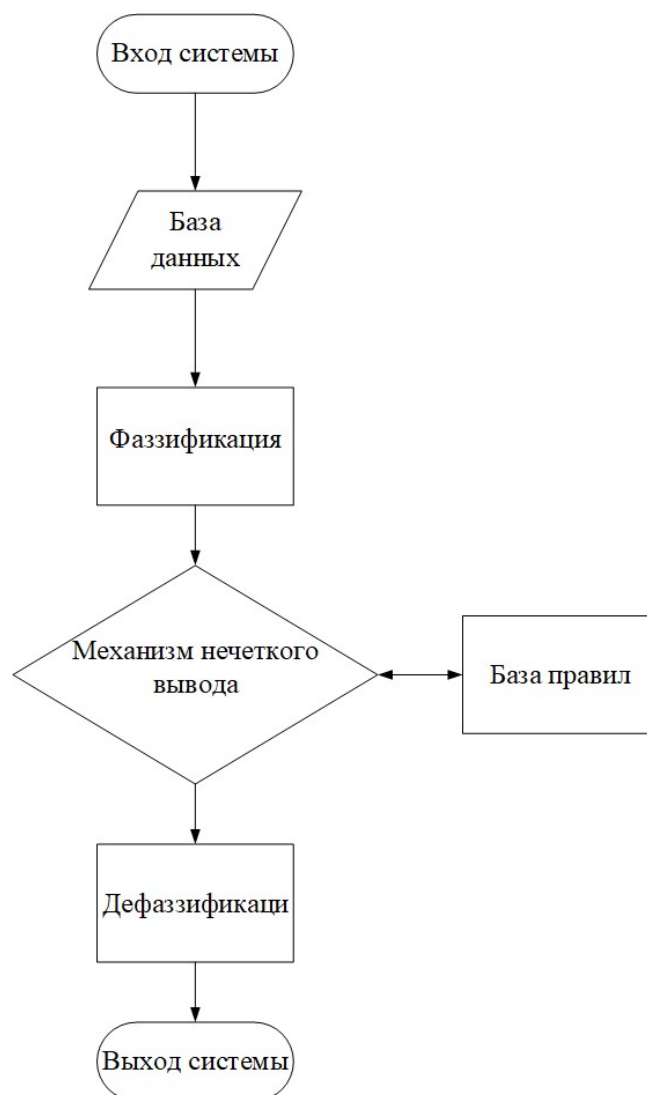


Рисунок 2.8- структура нечеткой логики

База правил является ядром нечеткого контроллера, его правильность напрямую влияет на производительность контроллера. Количество правил также является важным фактором для измерения производительности контроллера.

2.2.2 Метод получения правил нечеткого регулятора:

1. Опыт и знания экспертов

Нечеткое управление также упоминается как экспертная система в системе управления. Люди часто судят о вещах в повседневной жизни, используя качественный анализ языка, а не количественный анализ, поэтому правила нечеткого контроля обеспечивают естественную основу для описания поведения человека и анализа решений, где экспертные знания обычно могут быть выражены в форме if ... then ,

База правил нечеткой логики может быть сформирована, в случае когда полученные систематические знания изменяются по шаблону if ... then. Кроме того, для получения наилучшей производительности системы часто необходимо использовать метод проб и ошибок несколько раз, чтобы скорректировать Базу правил.

2. Режим работы оператора

Нынешняя доступная экспертная система рассматривает только приобретение знаний. Экспертная система может тонко манипулировать сложными объектами управления, но даже при этом необходим контроль для рассмотрения приобретенных навыков. Многие промышленные системы не могут быть должным образом контролированы общей теорией управления, но квалифицированные операторы могут успешно управлять этими системами без математики: это заставляет нас записывать в протокол рабочий режим оператора и упорядочивать его “if ...then” структурой, которая может составлять набор правил управления.

3. Обучение

Чтобы улучшить производительность нечеткого контроллера, ему

должно быть разрешено самостоятельно учиться или самостоятельно организовываться, чтобы впоследствии он мог добавлять или изменять правила нечеткого управления в соответствии с установленными целями.

2.2.3 Оценка состояния базы правил нечеткой логики

Оценка состояния базы правил нечеткой логики напоминают человеческую интуицию. Он используется большинством нечетких контроллеров и имеет следующий тип:

R_i : if x_1 is A_{i1} and x_2 is A_{i2} and x_n is A_{in}
then y is C_i

где x_1, x_2, \dots, x_n и y - лингвистические переменные или нечеткие переменные, которые представляют переменные состояния системы, а управляющие переменные: $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}$ и C_i - лингвистические значения, представляющие нечеткое подмножество U . Существует другое представление этой формы, которая представляет собой функцию, в которой последняя часть изменена на переменную состояния системы. Ее форма такова:

R_i : if x_1 is A_{i1} and x_2 is A_{i2} and x_n is A_{in}
then $y = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Преимущества:

1. Нет необходимости знать математическую модель управляемого объекта;
2. Соответствие с характеристиками деятельности мозга человека: нечеткость (высококачественный словарь с высоким средним и низким уровнем качества и т. д.) и эмпирическое (нечеткое управление ядра — это база правил нечеткой логики, где рассуждения основаны на человеческом опыте);
3. Легкость построения (одночиповый микрокомпьютер, промышленный компьютер, специальный чип нечеткого управления и т. д.);
4. Надежность (применима к управлению линейными и нелинейными системами с неопределенными или флуктуирующими параметрами модели).

Недостатки:

1. Конструкция нечеткого управления по-прежнему не является

систематической, поэтому возникают трудности при контроле сложных систем. Трудно установить систему теории нечеткого управления для решения ряда задач, таких как механизм нечеткого управления, анализ устойчивости и систематические методы проектирования;

2. Неизвестно как получить нечеткие правила и функции принадлежности, т. к. методы проектирования системы, полностью основаны на опыте;

3. Простая нечеткая обработка информации приведет к снижению точности управления и ухудшению динамического качества системы. Чтобы повысить точность, необходимо увеличить количество этапов количественной оценки, что приведет к увеличению объема поисков правил, уменьшению скорости принятия решений и даже невозможности выполнения контроля в реальном времени.

2.3 Общие Алгоритм Нечеткого Регулятора

Алгоритм Mamdani

Алгоритм Мамдани подходит рассматриваемому примеру из рисунка 2.9. В такой ситуации алгоритм в математическом виде описывается следующим образом.

Первый этап называется нечеткостью: для этого выводится степени истинности для соответствующих предпосылок каждого правила: $A_1(x_0)$, $A_2(x_0)$, $B_1(y_0)$, $B_2(y_0)$.

На втором этапе, то есть при нечетком выводе: проводится процесс нахождения уровни отсечения для соответствующих предпосылок каждого из правил (с применением логической операции МИНИМУМ)

$$\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0) \quad (2.12)$$

$$\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0) \quad (2.13)$$

где « \wedge » обозначает операцию логического минимума (min), после чего проводится нахождение усеченных функций принадлежности:

$$C_1(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)) \quad (2.14)$$

$$C_2(z) = (\alpha_2 \wedge C_2(z)) \quad (2.15)$$

На третьем этапе композиции с применением логической операции МАКСИМУМ (max, обозначается как $\ll V \gg$) объединяются найденные усеченные функции. Это приводит к выводу конечного итогового нечеткого подмножества для выходной переменной, которая имеет функцию принадлежности:

$$\mu_{\Sigma}(z) = C(z) = C_1(z) \vee C_2(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(z)) \quad (2.16)$$

На последнем этапе для нахождения выходного z_0 , приведенного к четкости проводится центроидный метод.

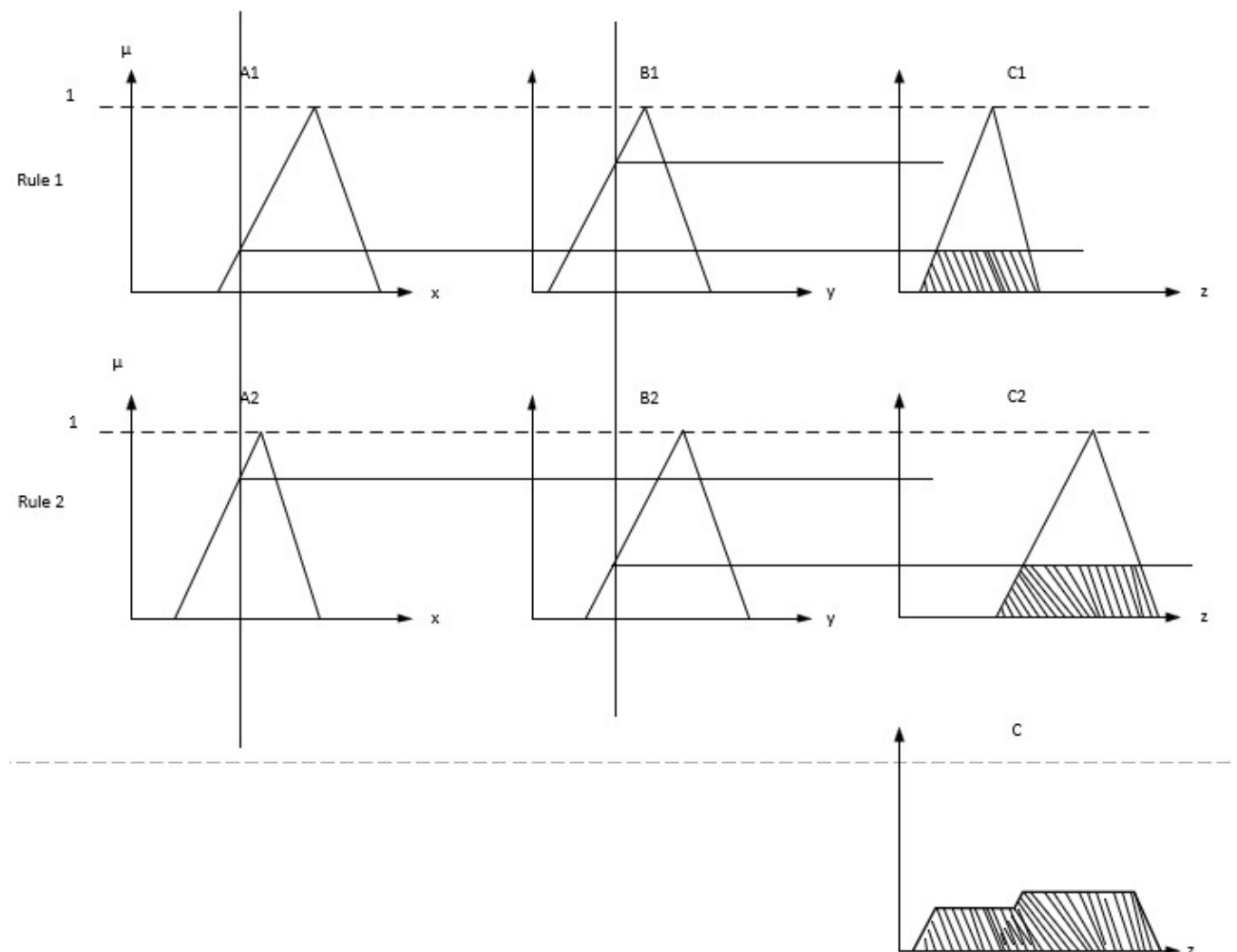


Рисунок 2.9 – Иллюстрации алгоритма Mamdani

Алгоритм Сугено (Sugeno)

Алгоритмы Сугено используют следующий набор правил:

П1: если x есть $A1$ и y есть $B1$, тогда, $z_1 = a_1 \cdot x + b_1 \cdot y$

(2.17)

П2 если x есть A_2 и y есть B_2 , тогда. $z_2 = a_2 \cdot x + b_2 \cdot y$

(2.18)

Представление алгоритма Сугено:

Первый этап которого проводится как в алгоритме Мамдани.

На втором этапе производится нахождение $\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0)$,
 $\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0)$ и соответственно отдельные выходы правил:

$$z_1^* = a_1 \cdot x + b_1 \cdot y \quad (2.19)$$

$$z_2^* = a_2 \cdot x + b_2 \cdot y \quad (2.20)$$

На третьем этапе вычисляется четкое числовое значение выходной переменной вывода:

$$z_0 = \frac{a_1 \cdot z_1^* + a_2 \cdot z_2^*}{a_1 + a_2} \quad (2.21)$$

Данный алгоритм иллюстрируется на рисунке 2.10.

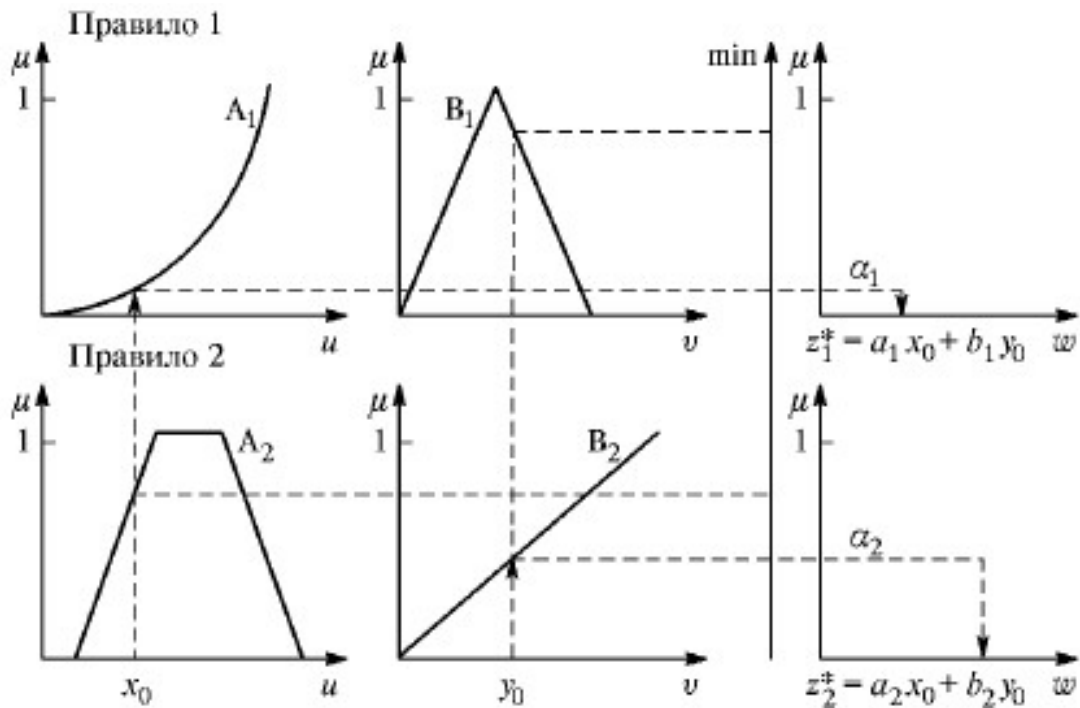


Рисунок 2.10 – Иллюстрации алгоритма Сугено

3.РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С НЕЧЕТКИМ КОРРЕТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB

MATLAB - коммерческое программное обеспечение для математики, выпускаемое American MathWorks. Это высокоуровневый технический язык программирования и интерактивная среда для разработки алгоритмов, визуализации данных, анализа данных и численного расчета (в основном это MATLAB и Simulink).

MATLAB представляет собой комбинацию из двух слов *matrix & lab*, что означает матричную фабрику (матричную лабораторию). Это высокотехнологичная вычислительная среда, которая в основном публикуется в Mathworks в Соединенных Штатах и сталкивается с научными вычислениями, визуализацией и интерактивным программированием. Он объединяет множество мощных функций, таких как численный анализ, матричные вычисления, визуализация научных данных, а также моделирование и моделирование нелинейных динамических систем в простой в использовании оконной среде для научных исследований, инженерного проектирования и многих наук, которые должны быть эффективно численно рассчитаны. Домен предоставляет комплексное решение и в значительной степени отличается от традиционных не интерактивных языков программирования (например, C, Fortran), представляющих собой передовой уровень международного научного компьютерного программного обеспечения.

Simulink - инструмент визуального моделирования в MATLAB, иными словами это среда проектирования блок-схем на основе MATLAB, который реализует динамическое моделирование системы, симуляцию и анализ. Он широко используется в линейных и нелинейных системах, а также симуляции и моделировании цифровой обработки сигналов.

Simulink обеспечивает интегрированную среду для динамического моделирования системы, симуляции и всестороннего анализа. В этой среде нет

необходимости писать много программ, следовательно, для создания сложной системы требуется только простое и интуитивное управление мышью.

Для достижения контроля процесса сначала необходимо понять и освоить технологические характеристики объект управления.

Математические модели обычно выражаются в математических уравнениях. Обычно используемые формы описания включают дифференциальные уравнения, передаточные функции, разностные уравнения и т.д.

Общее выражение дифференциального уравнения эталонной модели:

$$y^{(n)}(t) + a_{n-1}y^{(n-1)}(t) + \dots + a_1y'(t) + a_0y(t) = b_mx^{(m)}(t) + \dots + b_1x'(t) + b_0x(t) \quad (3.1)$$

Где $y(t)$ – значение входа

$X(t)$ – значение выхода

Порядок вывода обычно не меньше порядка ввода ($n \geq m$)

В данной работе используется объект второго порядка, общие передаточные функции которого представлены ниже:

Рассмотрим систему с объектом управления (ОУ) второго порядка, вид которой приведен на рисунке 3.1:

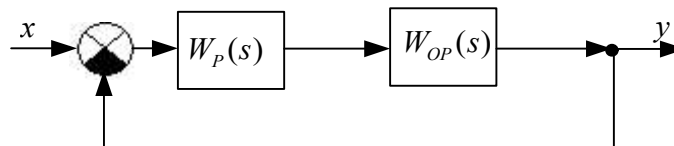


Рисунок 3.1 – Схема системы с ОУ второго порядка

Передаточная функция объекта управления

$$W_{OP}(s) = \frac{k_O}{T_{O1}s^2 + T_{O2}s + 1} \quad (3.2)$$

Передаточная функция регулятора

$$W_P(s) = k_{PEG} \cdot \left(k_{II} + \frac{1}{T_{II}s} + \frac{k_D T_D s}{T_D s + 1} \right), \quad (3.3)$$

где $k_{PEG} = k_{II}$, $T_{II} = \frac{k_{PEG}}{k_{II}}$, $T_D = \frac{k_D}{k_{PEG}}$.

В программном пакете MATLAB структурная схема системы автоматического регулирования, состоящей из ПИД-регулятора и объекта

управления второго порядка, выглядит следующим образом (рисунок 3.2):

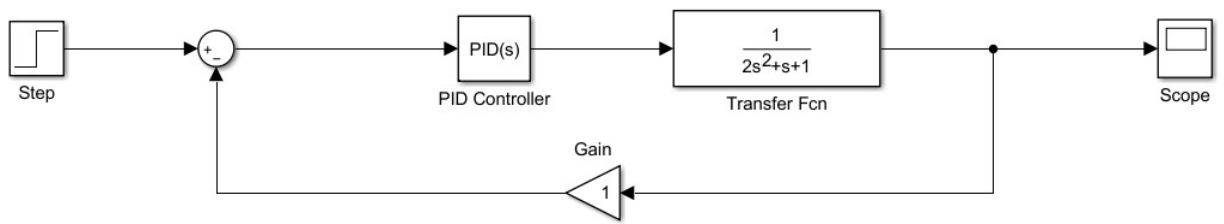


Рисунок 3.2 – Структурная схема САУ в MATLAB

Зададим параметры ПИД-регулятора таким образом, чтобы система была устойчивой:

Рисунок 3.3 – Блок настройки параметров ПИД-регулятора

График переходной характеристики:

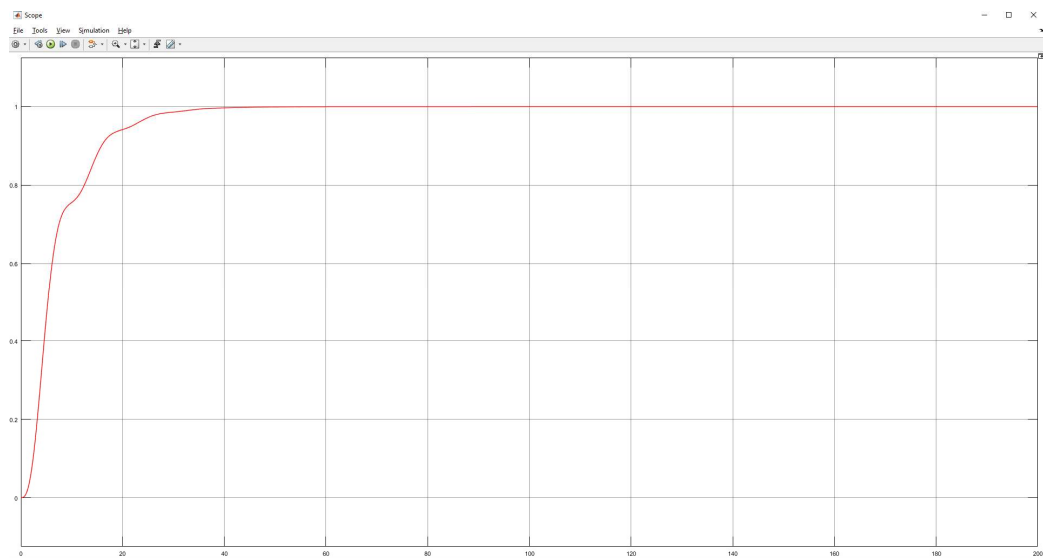


Рисунок 3.4 – Кривая переходной характеристики САУ

Следующим шагом является сборка структурной схемы САУ с КУ, которая представлена на рисунке 3.5.

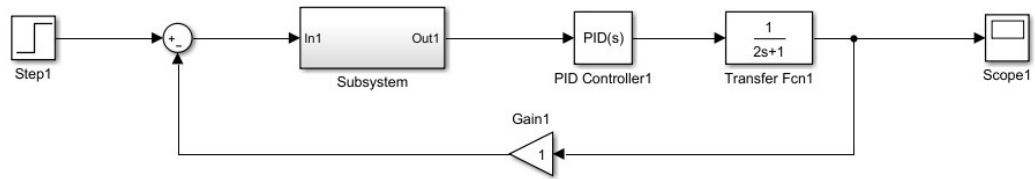


Рисунок 3.5 – Структурная схема САР с КУ

На рисунке 3.5 подробно представлена Subsystem (структура КУ с амплитудным подавлением):

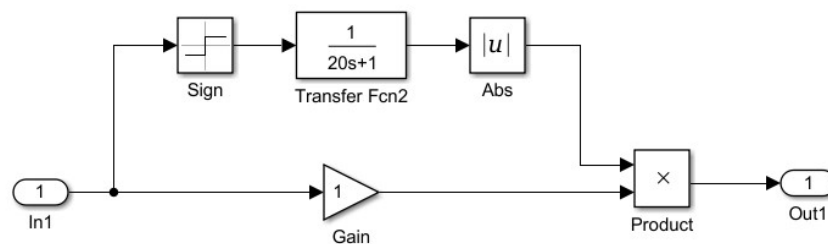


Рисунок 3.5 - Структура КУ с амплитудным подавлением

Далее проводился анализ влияния изменения T на выходной сигнал, без изменения коэффициента передачи k .

$$T = [0.1, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100] \quad k=1$$

Графики переходных процессов САР с КУ при различных значениях параметра T КУ представлен на рисунке 3.6.

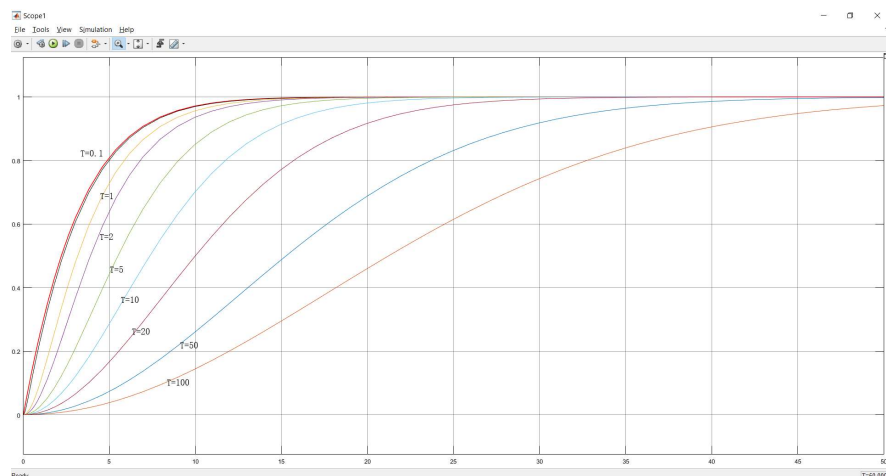


Рисунок 3.6– Графики переходных процессов САР с КУ при различных значениях параметра T КУ.

В результате анализа было выявлено, что чем больше коэффициенты Т САУ с амплитудным корректирующим устройством, тем меньше перерегулирование, а время регулирования больше.

Ниже приведен случай переходных процессов системы с постоянными значениями параметра Т при фиксированном значении параметра К без КУ и с использованием КУ.

Допустим параметр объекта $k=1$, и $T=20$.

В программном пакете MATLAB структурная схема системы автоматического регулирования, состоящей из ПИД-регулятора и объекта управления второго порядка, модели которых без КУ и с использованием КУ выглядят следующим образом (рисунок 3.7):

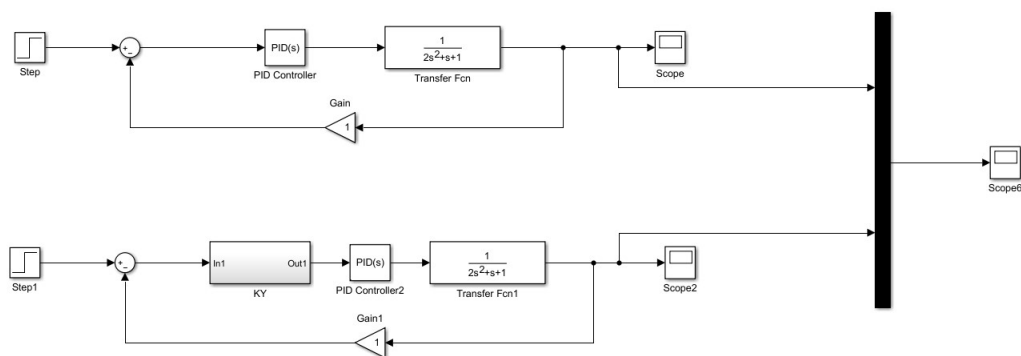


Рисунок 3.7 – Структурная схема САУ без КУ и с использованием КУ в MATLAB

$$\text{При } W_{op}(s) = \frac{1}{2s^2+s+1}$$

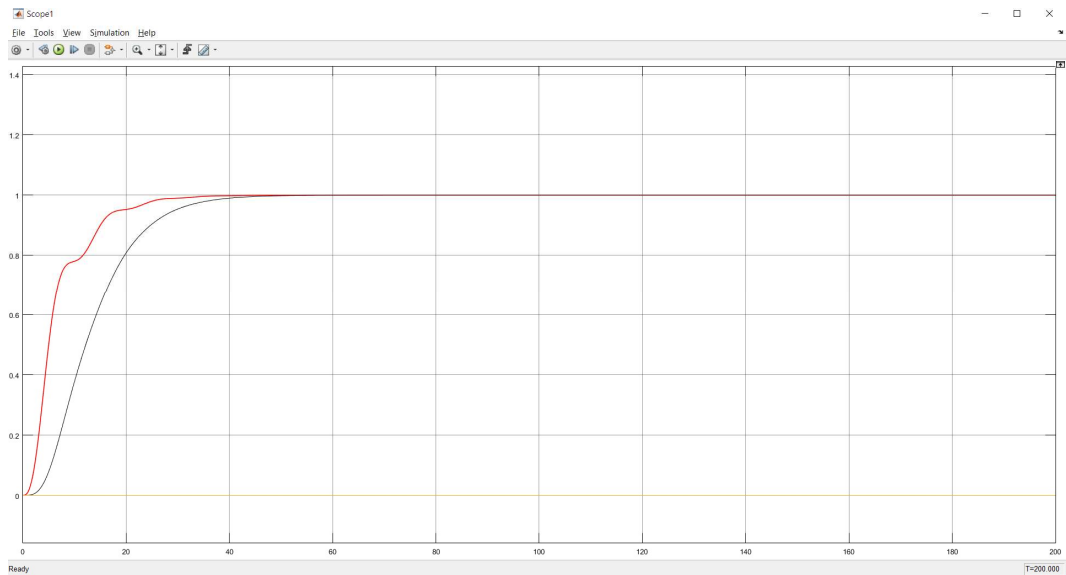


Рисунок 3.8 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) =$

$$\frac{1}{2*s^2 + s + 1}: \text{кривые без КУ и с использованием КУ}$$

При $W_{op}(s) = \frac{1}{10*s^2 + 6s + 1}$

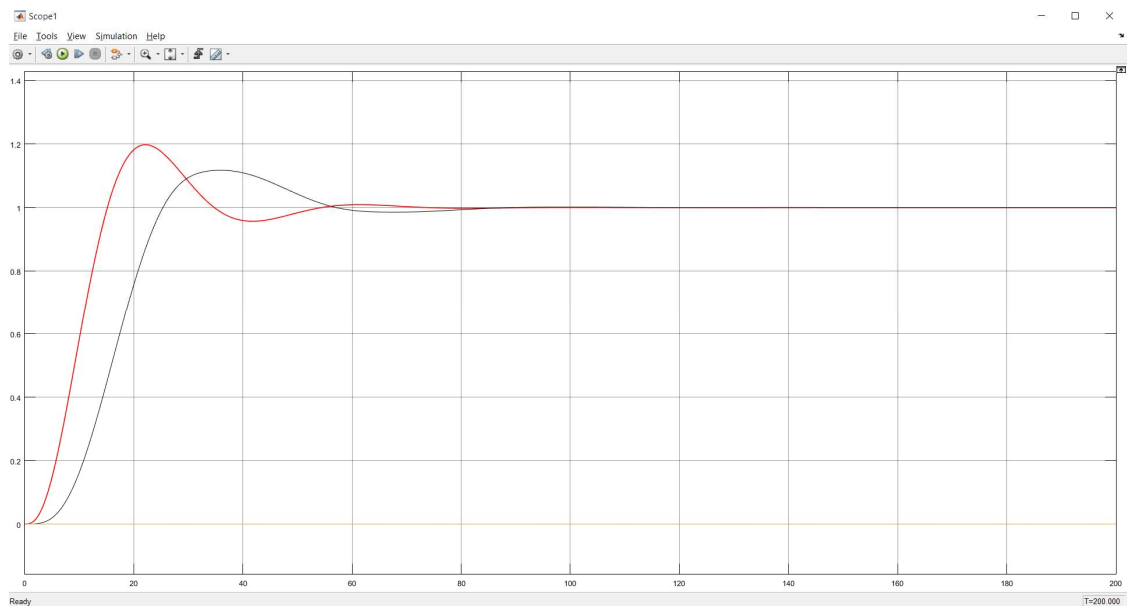


Рисунок 3.8 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) =$

$$\frac{1}{10*s^2 + 6s + 1}: \text{кривые без КУ и с использованием КУ}$$

Под Fuzzy Logic Toolbox понимается пакет расширения MATLAB, который содержит инструменты проектирования систем нечеткой логики. Возможность пакета состоит в создании экспертных систем, базирующихся на нечеткой логике, проведении кластеризации нечеткими алгоритмами, а также проектировании нечетких нейросетей. Пакет включает в себя графический

интерфейс для поэтапного проектирования нечетких систем, функции командной строки для разработки программ, и вдобавок специальные блоки для реализации систем нечеткой логики в Simulink.

Matlab Fuzzy Control Toolbox предоставляет очень удобный способ для разработки нечеткого контроллера. Благодаря этому нам не нужно выполнять сложные операции фаззификации, нечеткого вывода и дефаззификации, и нужно только установить соответствующие параметры, что помогает быстро получить нужный нам контроллер, а также легко его изменить.

Прежде всего, в командном окне Matlab необходимо ввести команду “fuzzy”, после которой выпадает окно, представленное на рисунке 3.9.

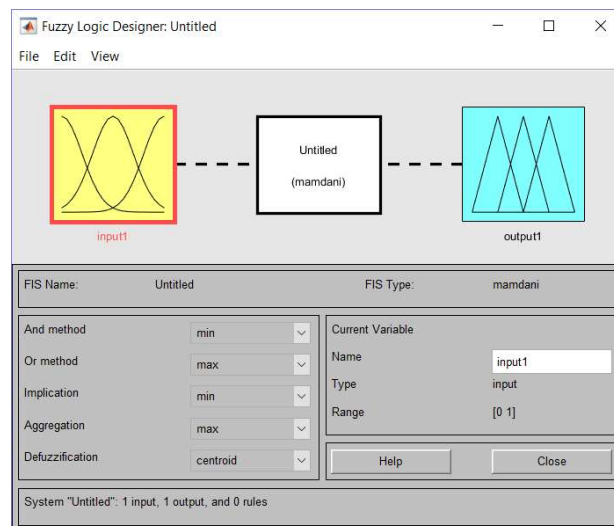


Рисунок 3.9 – Окно Fuzzy Control Toolbox

В этом окне можно спроектировать нечеткий контроллер.

Для разработки нечеткого контроллера необходимо для начала определить структуру нечеткого контроллера, т. е. определить входные и выходные значения в соответствии с конкретной системой.

В этом окне можно выбрать стандартную двумерную структуру управления, то есть входной сигнал — это ошибка e и изменение ошибки ec , а выход - контрольная величина u . Здесь переменные также являются точными величинами. Соответствующими нечеткими величинами являются E , EC и U . Для реализации структуры управления с двойным входом необходимо выбрать Add Variable (рис. 3.10, рис. 3.11).

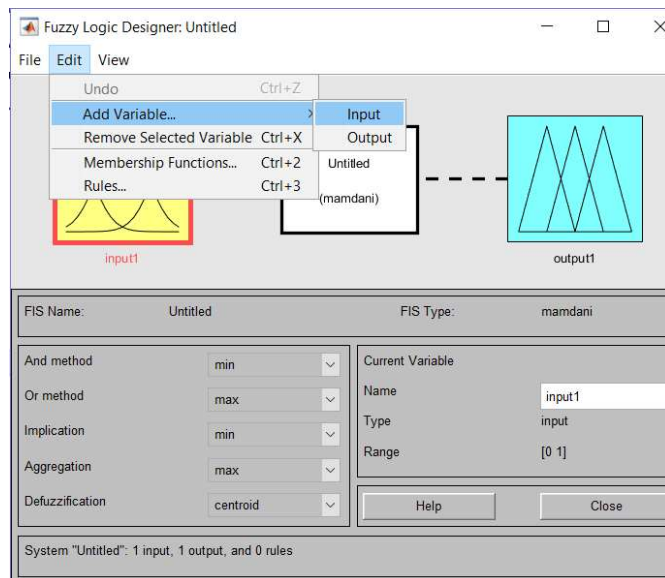


Рисунок 3.10 – Окно выбора Add Variable

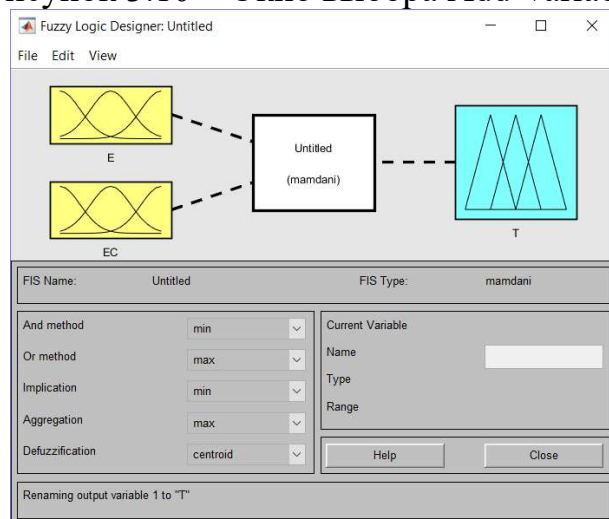


Рисунок 3.11 - Окно реализации структуры управления с двойным входом
Фаззификация входных и выходных переменных, то есть точное количество ввода и вывода преобразуется в нечеткий набор соответствующих лингвистических переменных.

Для начала нужно определить нечеткие подмножества, которые описывают значения входных и выходных переменных языка, такие как $\{A1, A2, A3, A4, A5\}$ и задают область входных и выходных переменных, а затем выбираются подходящие для нечетких лингвистических переменных функции принадлежности.

В Fuzzy Control Toolbox есть возможность выполнить эти шаги в Редактировании функции принадлежности. Сначала открывается окно редактирования функции принадлежности. (рис.3.12, рис.3.13)

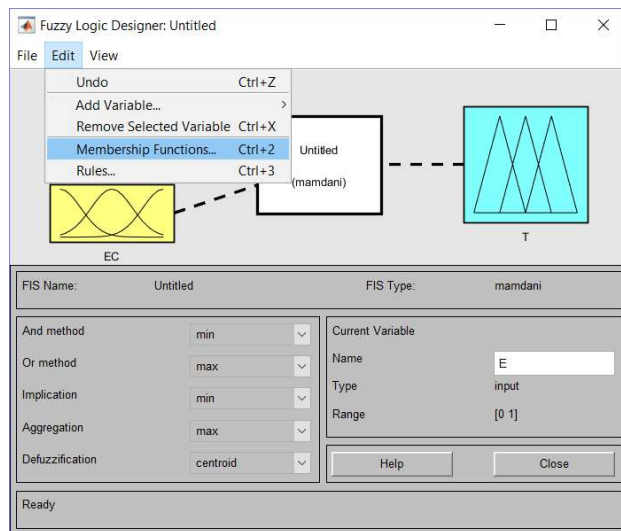


Рисунок 3.12 - Способ открытия окна редактирования функции принадлежности

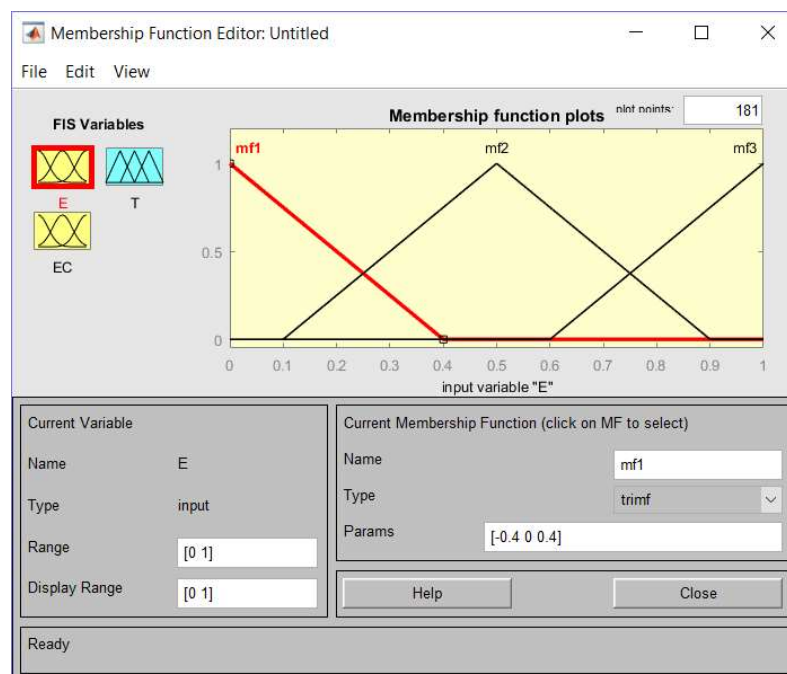


Рисунок 3.13 – Окно редактирования функции принадлежности

Затем определяется область входных и выходных переменных и добавляется функция принадлежности.(рис.3.14)

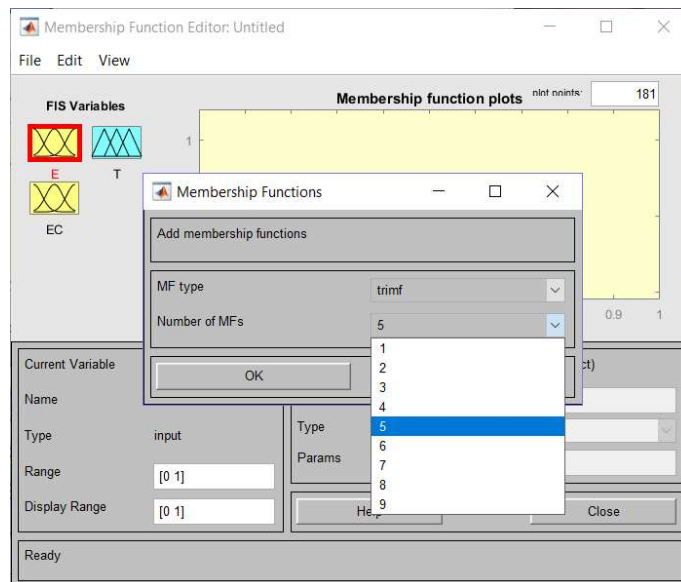


Рисунок 3.14 – Окно редактирования области входных и выходных переменных

Затем изменяются функции принадлежности в соответствии с требованиями, включая соответствующие лингвистические переменные и типы функций. (рис.3.15)

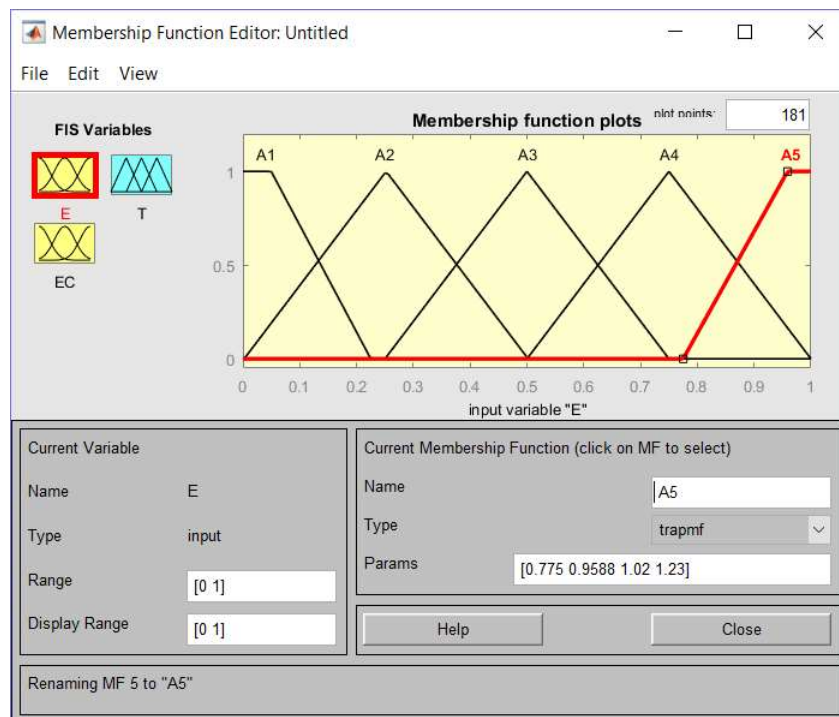


Рисунок 3.15 – Окно редактирования функций принадлежности.

Разработка алгоритма решения нечеткого вывода:

Для двумерной структуры управления и соответствующего входного нечеткого множества было разработано 20 правил нечеткого управления.

(рис.3.16, рис.3.17)

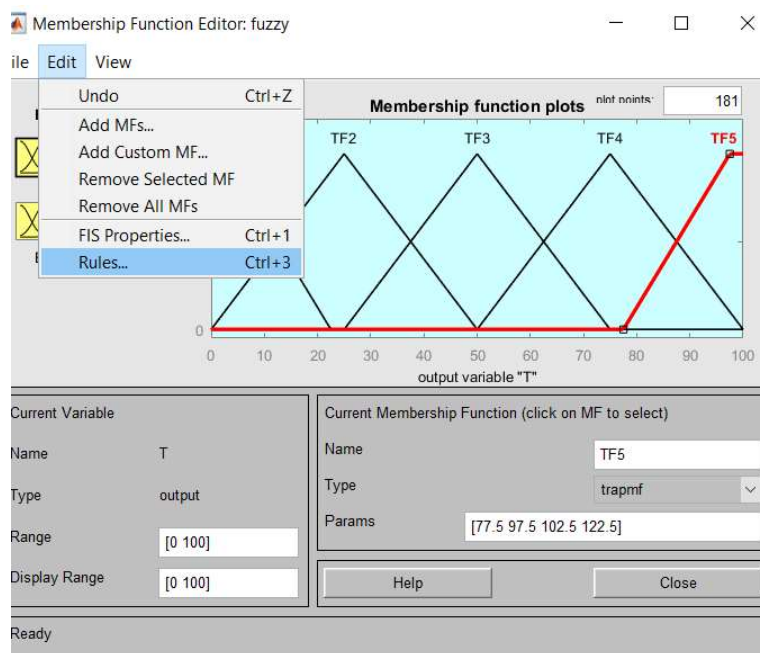


Рисунок 3.16 – Окно выбора Базы Правил

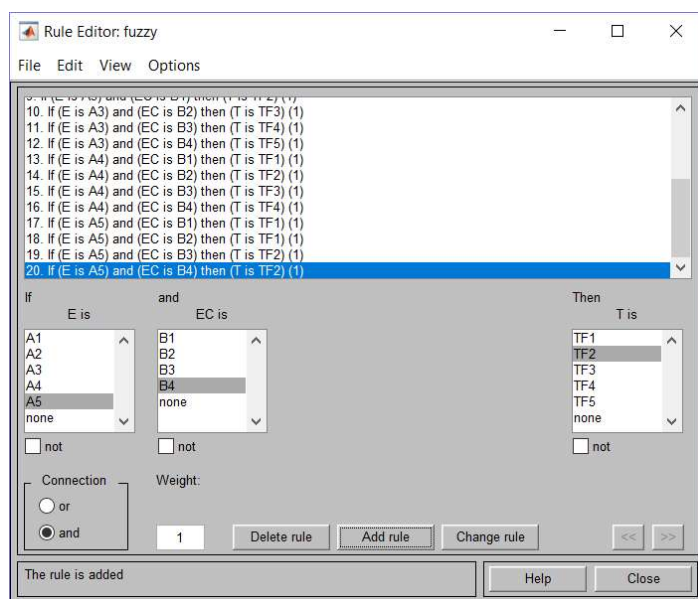


Рисунок 3.17 – Окно разработки 20 правил нечеткого управления

По завершении составления правил сформирована матрица правил нечеткого управления, а затем завершено вычисление в соответствии с алгоритмом нечеткого вывода с количеством нечетких входных сигналов, и определено количество нечетких выходных данных.

4. Дефаззификация выходного нечеткого значения представляет собой выход нечеткого контроллера - это нечеткое множество. Метод дефаззификации определяет точное количество. Для многих нечетких методов

мы выбираем здесь метод центра тяжести. (рис.3.18)

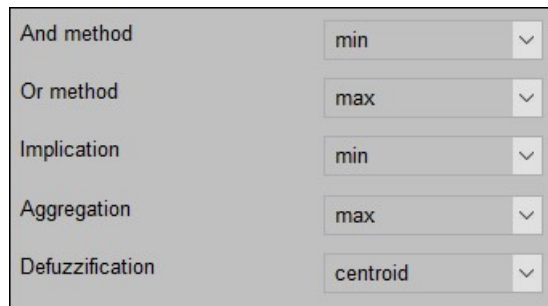


Рисунок 3.18 – Окно выбора метода центра тяжести

5. Затем в Export to disk можно получить файл .fis, являющийся созданным нечетким контроллером.

Далее создана модель САР КУ с нечеткой логикой, представленная на рисунке 3.19.

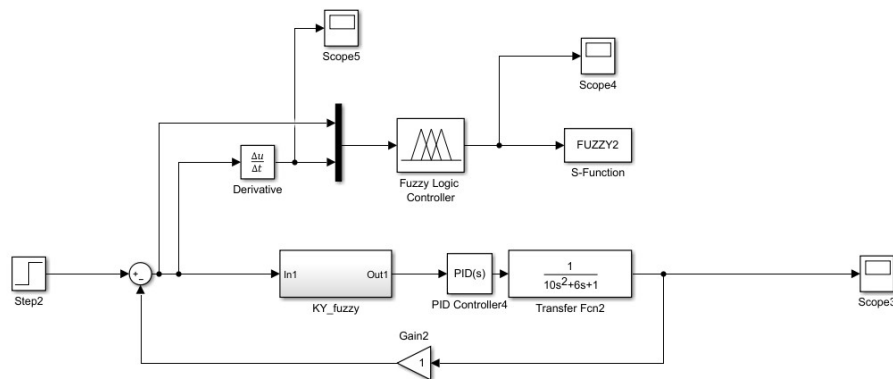


Рисунок 3.19 – Структурная схема САР КУ с нечеткой логикой

Задачи s-function, которая изменяет параметры Т корректирующего устройства с нечеткой логикой, представлены в ПРИЛОЖЕНИИ А.

Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{10s^2+6s+1}$: кривые без КУ, с использованием КУ постоянных переменных и с нечеткой логикой представлены на рисунке 3.20.

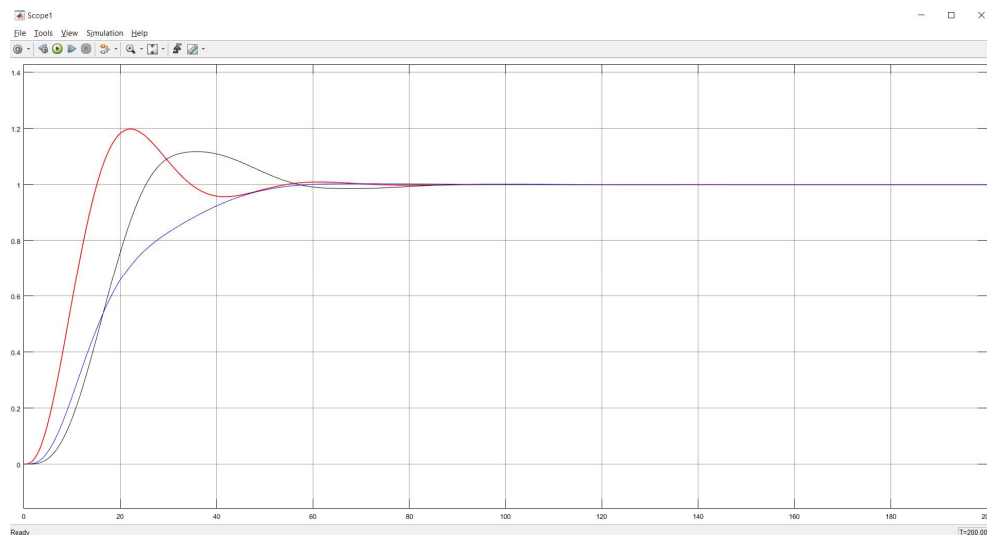


Рисунок 3.20 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{10*s^2+6s+1}$: кривые без КУ, с использованием КУ постоянных переменных и с нечеткой логикой

Таким образом, в случае применения корректирующего устройства с нечеткой логикой – качество переходного процесса является лучшим чем без КУ.

Результаты анализа объектов первого и третьего порядков отображены в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

4 СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

В лаборатории автоматизированных систем управления отделения Автоматизации и робототехники ТПУ имеется лабораторный комплекс на базе контроллера SIMATIC S7-400.

SIMATIC S7-400 представляет собой модульный программируемый контроллер, который предназначен для реализации систем автоматизации средней и высокой степени сложности.

Возможности SIMATIC S7-400 включают в себя модульную конструкцию, работу с естественным охлаждением, возможности использования структуры локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, многогранность функций, которые поддерживают уровень операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания, что впоследствии обеспечивает возможности получения оптимальных решений для реализации систем автоматического управления в различных областях промышленного производства.

Эффективность контроллеров реализуется возможностью применения нескольких видов центральных процессоров с различной производительностью, наличием широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров.

Существуют следующие преимущества SIMATIC S7-400:

- Наличие мощных программируемых контроллеров для реализации систем управления средней и высокой степени сложности.
- Способность решить практически любую задачу управления.
- Наличие широкого спектра модулей и широкой гаммы центральных процессоров для выполнения требований решаемой задачи.
- Простота применения систем распределенного ввода-вывода и мощными коммуникационными возможностями обеспечивает высокую гибкость.
- Удобство обслуживания, работа с естественным охлаждением.

- Гибкие возможности расширения по мере развития объекта управления.

4.1 Структурная схема лабораторного стенда

На рисунке 15 представлена структурная схема лабораторного стенда, на базе контроллера SIMATIC S7 – 400. В данный лабораторный комплекс входят следующие модули контроллера: блок питания PS 407 4A, центральный процессор CPU 414 – 2, коммуникационный модуль CP 443–1 для организации последовательной передачи данных по Ethernet интерфейсу, модуль ввода аналогового сигнала AI 16x13Bit, модуль ввода дискретного сигнала DI 32xDC24V, модуль вывода дискретный сигнала DO16xDC24V/2A, а также 3 блока реле, АВК (аналогового – вычислительный комплекс) для создания математической модели САУ. Также на схеме присутствует сигнальное табло с тремя лампочками, кнопочное табло с тремя кнопками для дискретного ввода/вывода.

Стенд предназначен для разработки информационно - управляющих программ и проверки их работоспособности.

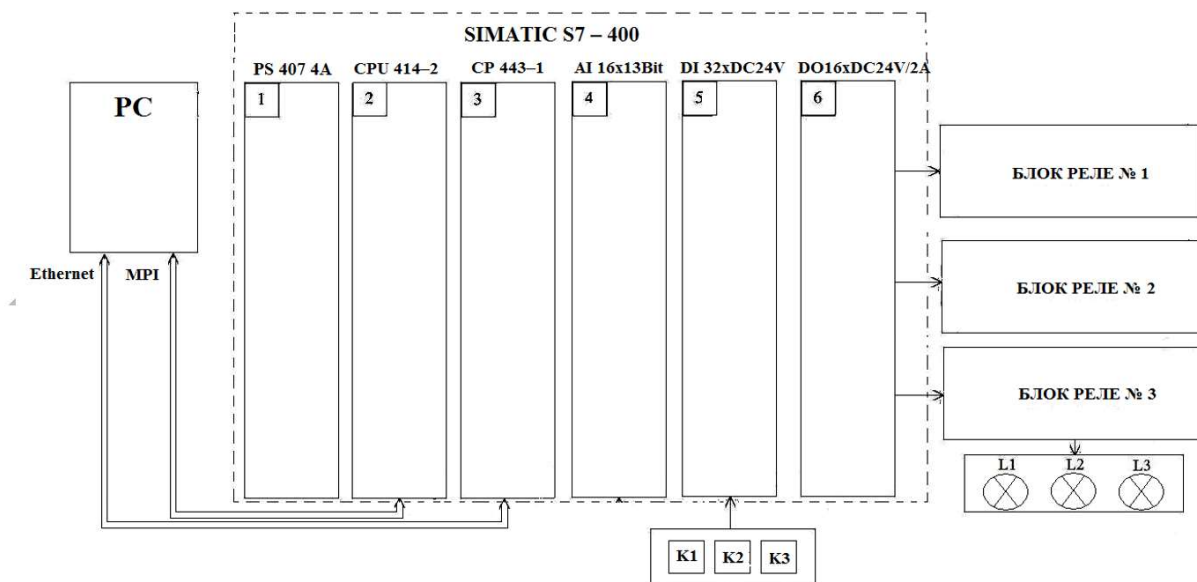


Рисунок 4.1 – Структурная схема лабораторного стенда контроллера S7 - 400

PS-407-4A (6ES7 407-0DA02-0AA0)

Блоки питания предназначены для формирования напряжений, необходимых для работы центральных процессоров и других модулей программируемых контроллеров SIMATIC S7-400/ S7-400H/ S7-400F/ S7-

400FH.

Блоками питания комплектуются все стойки кроме стоек расширения, получающих питание от базового блока. Питание датчиков и приводов рекомендуется осуществлять от отдельных блоков питания. Блоки питания устанавливаются в крайние левые разъемы монтажной стойки, начиная с первого разъема. Выходные напряжения блоков питания поступают на внутреннюю шину контроллера. [11]

CPU 414-2 DP(6ES7 414-2XK05-0AB0)

Центральные процессоры для построения систем управления средней степени сложности.

Для систем автоматизации, в которых необходим большой объем памяти программ и скоростное выполнение инструкций.

Индикация и информационные функции

Отображение оперативных и аварийных состояний:

светодиодные индикаторы отображения внешних и внутренних ошибок, а также режимов работы - RUN, STOP, рестарт, выполнение тестовых функций и т.д.

Тестовые функции:

программатор может быть использован для отображения значений сигналов во время выполнения программы, изменения значений переменных и состояний выходов непосредственно в программе пользователя, ввода режимов пошагового или поблочного выполнения программы.

Информационные функции:

программатор позволяет получать информацию о свободном объеме памяти центрального процессора, его режиме работы, используемых объемах загружаемой памяти, максимальном, минимальном и текущем времени выполнения цикла программы, просматривать в текстовом формате содержимое буфера диагностических сообщений.[12]

CP 443-1(6GK7 443-1EX20-0XE0)

Подключение SIMATIC S7-400 к сети Industrial Ethernet:

1. 10/100 Мбит/с, дуплексный/ полудуплексный режим, автоматическая настройка на скорость обмена данными.
 2. Универсальный интерфейс для подключения к сети: AUI/ITP/ RJ 45.
 3. Настраиваемые сервисные функции.
 4. Коммуникационные функции:
 5. Поддержка транспортных протоколов ISO, TCP/IP и UDP.
 6. PG/OP-функции связи.
 7. S7-функции связи.
 8. Функции S5-совместимой связи (SEND/RECEIVE и FETCH/WRITE).
 9. Поддержка широковещательных сообщений при использовании UDP.
 10. Поддержка процедур S7-Routing при использовании PG/OP-функций связи.
 11. Дистанционное программирование, конфигурирование и диагностика через сеть.
 12. Защита доступа с помощью конфигурируемого списка доступа.
- Преимущества:
1. Непосредственное подключение контроллеров SIMATIC S7-400 к сети Industrial Ethernet со скоростью передачи 100Мбит/с.
 2. Простое включение SIMATIC S7-400 в существующие системы автоматизации, построенные на базе контроллеров SIMATIC S5 с автоматическим переключением между интерфейсами AUI/ITP.
 3. Обмен данными с программаторами и компьютерами, системами человеко-машинного интерфейса, системами автоматизации SIMATIC S5/S7.
 4. Дистанционное программирование сетевых станций через глобальные сети или по телефонной сети (например, ISDN).
 5. Подключение любого количества станций через UDP соединения.

6. Возможность организации связи без использования процедур RFC 1006.

7. Защита от несанкционированного доступа через TCP/IP.[13]

AI16x13Bit (6ES7 431-0HH00-0AB0) : Модуль аналогового ввода

DI32xDC24V (6ES7 421-0BL01-0AA0) : Модуль дискретного ввода

DO16xDC24V/2A (6ES7 422-1BH11-0AA0) : Модуль дискретный
вывода

4.2 Пакеты программирования STEP 7 и WinCC.

STEP 7 - это программное обеспечение для программирования, используемый для промышленных продуктов управления Siemens, включая SIMATIC S7, M7, C7 и компьютерное программное обеспечение WinCC, мониторинга и настройки параметров, является важной частью промышленного программного обеспечения SIMATIC.

STEP 7 имеет следующие функции: конфигурация оборудования и параметры, конфигурация связи, программирование, тестирование, запуск и обслуживание, архивирование файлов, работа и диагностические функции.

При помощи данной программы выполняется комплекс работ, включающих создание и обслуживание систем автоматизации на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300 и Simatic S7-400 фирмы Siemens, работы по программированию контроллеров. Программируемый логический контроллер, ПЛК представляет собой микропроцессорное устройство, которое предназначено для управления технологическими процессами. Работа ПЛК базируется на обработке данных с модулей входов и последующей выдачей управляющих сигналов, которые обеспечиваются подключением исполнительных устройств. Главной утилитой Step 7 является Simatic Manager, который обеспечивает работу с проектом в целом. У Step 7 есть возможность производить конфигурирование программируемых логических контроллеров и сетей (утилиты HWConfig и NetPro). Процесс конфигурирования начинается с определения состава оборудования, разбиения на модули, установки способов подключения,

определения используемых сетей, выбора настройки для используемых модулей. На завершающем этапе конфигурирования загружается выбранная конфигурация в оборудование, то есть осуществляется настройка оборудования. Утилиты конфигурирования могут позволить осуществить диагностику оборудования и обнаружить аппаратные ошибки.

Программирование контроллеров производится на трех языках:

LAD — язык релейно-контактной логики;

FBD — язык функциональных блочных диаграмм;

STL — язык списка инструкций.

Программное обеспечение конфигурации промышленного управления Siemens Программное обеспечение WinCC и Siemens PLCSIM используются для имитационного моделирования системы мониторинга устройств обнаружения нефти. В связи с высокой ценой аппаратного обеспечения PLC серии 400 и спецификой объекта управления результат должен воспроизвести хорошую симуляцию заранее, чтобы избежать потерь. В этой статье симуляционное программное обеспечение используется в сочетании с симуляционной связью между S7-400 PLCSIM и программным обеспечением для управления промышленным управлением WinCC для достижения имитации системы.

Конфигурационное программное обеспечение WinCC является программным платформенным инструментом для контроля и сбора данных (SCADA) систем сбора и мониторинга данных и является неотъемлемой частью промышленного прикладного программного обеспечения. Он имеет множество настроек и гибкое использование.

S7-PLCSIM, разработанный Siemens, представляет собой программируемое программное обеспечение для моделирования контроллеров. S7-PLCSIM может реализовать операцию моделирования в интегрированном состоянии Step7, а также может быть интегрирован с программным обеспечением WinCC для конфигурации и реализовать имитацию мониторинга хост-компьютера в среде Step7. S7-PLCSIM может

имитировать работу без подключения к CPU. Программное обеспечение моделирования S7-PLCSIM может моделировать область хранения ввода / вывода ПЛК через окно моделирования, изменять статус включения / выключения входной переменной, управлять запущенной программой и контролировать результат выполнения программы. Во время имитации программы можно отслеживать и изменять таймеры и счетчики. Операции чтения записи могут выполняться в битовых ячейках памяти (M), периферийных входах / выходах (PI / PQ) и данных в существующих блоках данных.

5 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ САР С НЕЧЕТКИМ КОРРЕКТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработано программное и методическое обеспечение для исследования САР с нечетким корректирующим устройством с амплитудным подавлением.

Программное обеспечение состоит из программы для контроллера Simatic S7-400, написанной на языке FBD и мнемосхемы визуализации работы программы, реализованной в SCADA пакете WinCC.

Методическое обеспечение состоит из методических указаний для выполнения лабораторной работы «Нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования». Разработанное методическое обеспечение будет использовано в учебном процессе при изучении курса «Адаптивные системы управления» студентами, обучающимися по направлению 27.04.04 - Управление в технических системах Томского политехнического университета.

5.1. Программное обеспечение лабораторного комплекса

Программное обеспечение лабораторного комплекса для исследования САР с нечетким корректирующим устройством с амплитудным подавлением реализовано в виде программы на языке FBD для контроллера Simatic S7-400 и в виде мнемосхемы визуализации реализованной в SCADA пакете WinCC.

5.1.1 Программ САР с нечетким КУ на языке FBD

Для реализации представленной САР передаточные функции элементов были преобразованы в последовательность элементарных математических операций, легко реализуемых на языке FBD в STEP 7.

Передаточная функция регулятора:

$$W_P(s) = k_{PEГ} \cdot \left(k_{П} + \frac{1}{T_{И} s} + \frac{k_{Д} T_{Д} s}{T_{Д} s + 1} \right) \quad (5.1)$$

$$\text{где } k_{PEГ} = k_{П}, \quad T_{И} = \frac{k_{PEГ}}{k_{П}}, \quad T_{Д} = \frac{k_{Д}}{k_{PEГ}}.$$

Дифференциальное звено регулятора в виде совокупности элементарных

звеньев:
$$\frac{Kd \cdot s}{Td \cdot s + 1} = \frac{Kd}{Td} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{Td} \cdot \frac{1}{s}}.$$

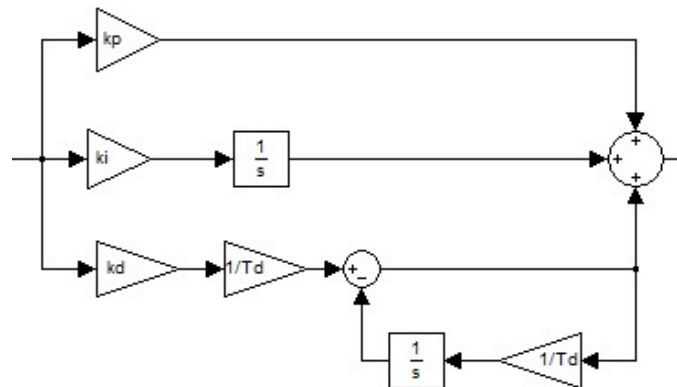


Рисунок 5.1 – Структура ПИД-регулятора в виде совокупности элементарных звеньев

Интегрирующий канал регулятора реализуется следующим образом:

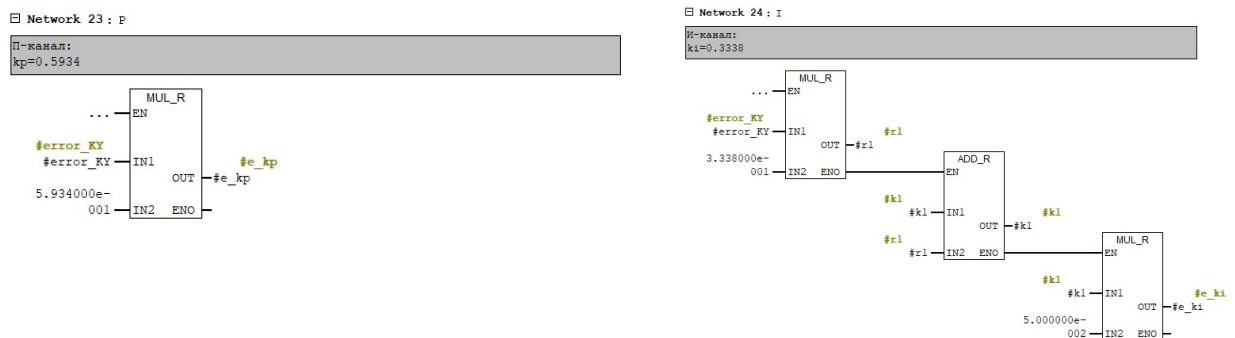


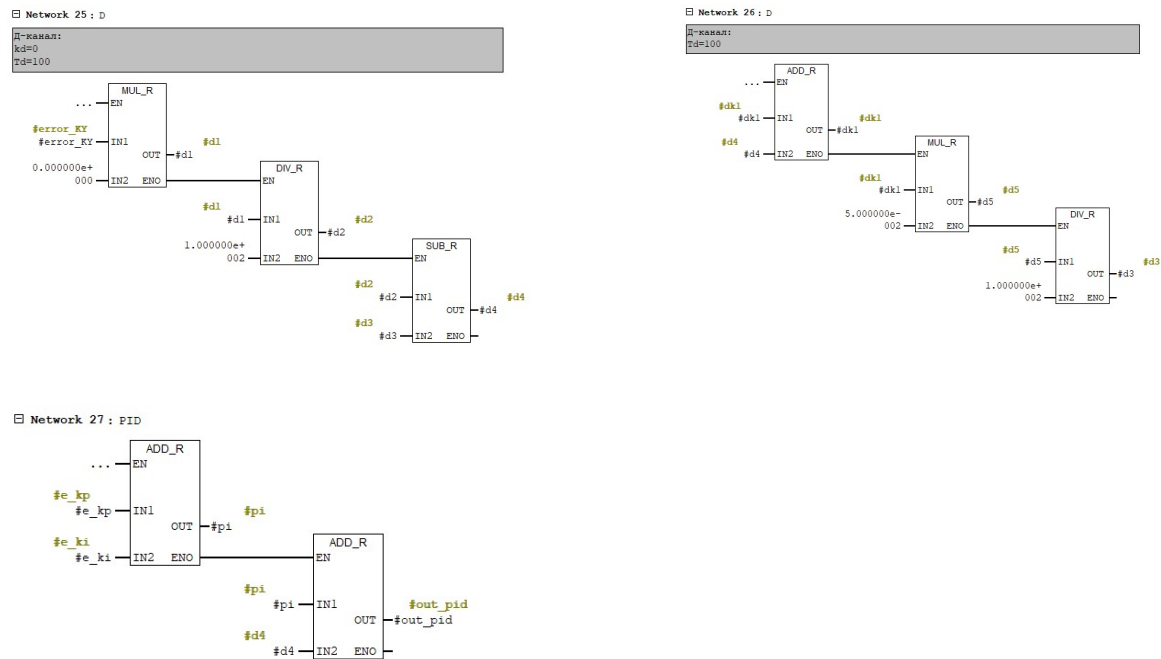
Рисунок 5.2 – Представление интегрирующего канала регулятора

Интегратор заменяется суммой с определенным шагом дискретизации.

Шаг дискретизации примем равным 0.05.

Так как, ПИД-регулятор реализует в STEP 7 представлен на рисунке 5.3.





рисунке 5.3 - Сегменты программы реализации ПИД-регулятор в STEP 7

Передаточная функция ОУ (второго порядка)

преобразуется в последовательность элементарных математических операций следующим образом:

$$W_{oy}(s) = \frac{K}{T_1 s^2 + T_2 s + 1} = K \cdot \frac{1}{s^2} \cdot \frac{1}{T_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1} \frac{1}{s} + \frac{1}{T_1} \frac{1}{s^2}} \quad (5.2)$$

Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев будет выглядеть согласно рисунку 5.4:

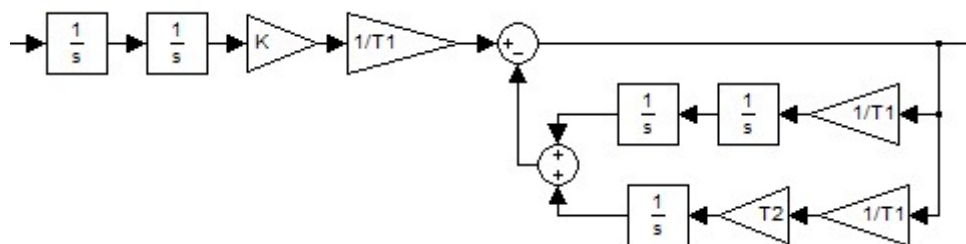
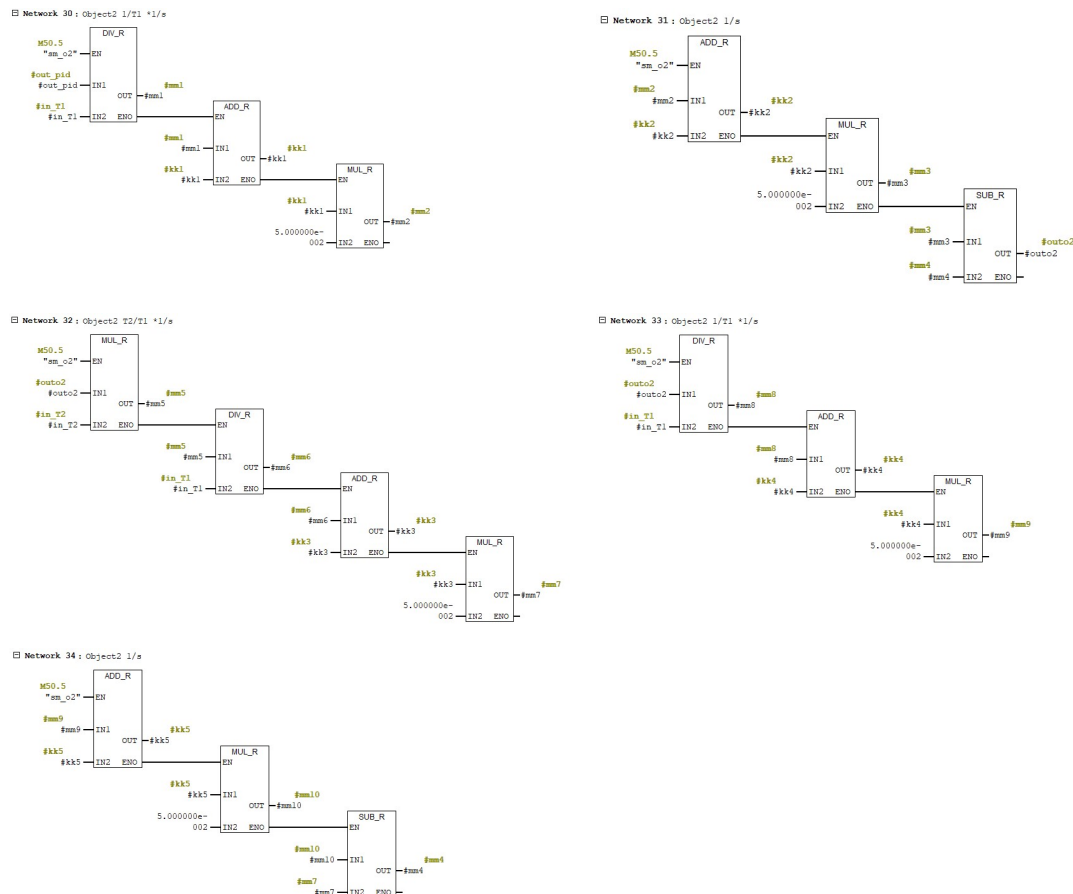


Рисунок 5.4 – Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев

Программы реализации объект второго порядка представлено на рисунке 5.5.



рисунке 5.5 - Сегменты программы реализации объекта второго порядка
Передаточные функции амплитудного каналов КУ:

- Передаточные функции амплитудного $W_A(s)$ каналов КУ преобразуем следующим образом:

$$W_A(s) = \frac{K}{Ts+1} = K \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{1+\frac{1}{T}s} \quad (5.3)$$

Таким образом, структурная схема КУ с амплитудным подавлением в виде совокупности элементарных функций представлена на рисунке 4.6:

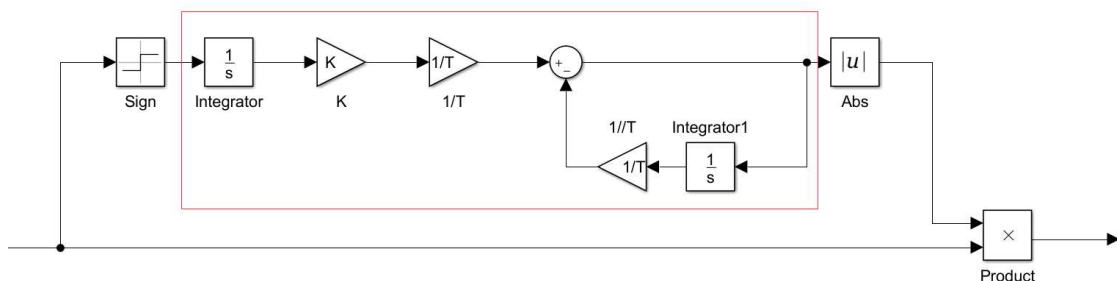
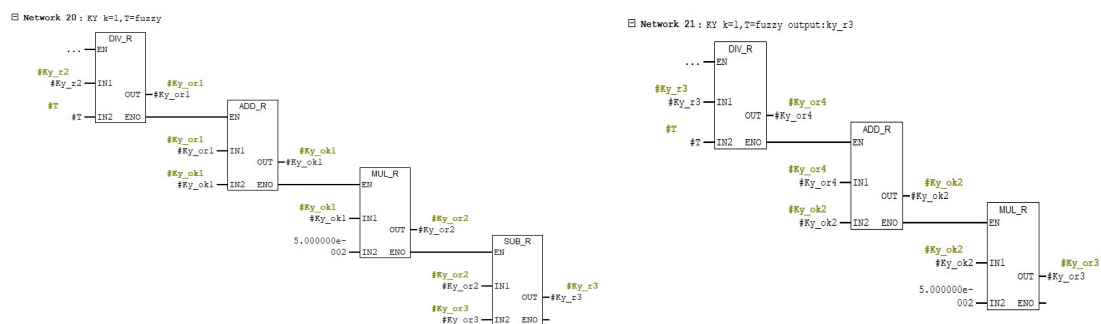


Рисунок 5.6 – Структурная схема КУ в виде совокупности элементарных
 звеньев

программы реализации псевдолинейного амплитудного КУ,

описывающие передаточную функцию амплитудного канала представлено на рисунке 5.7.



рисунке 5.7 - Сегменты программы реализации псевдолинейного амплитудного КУ, описывающие передаточную функцию амплитудного канала

Главная часть программы показано на ПРИЛОЖЕНИИ В.

5.1.2 Мониторинг и симуляции системы

Для запуска симулятора в панели инструментов пакета STEP7 необходимо использовать инструмент Simulation.

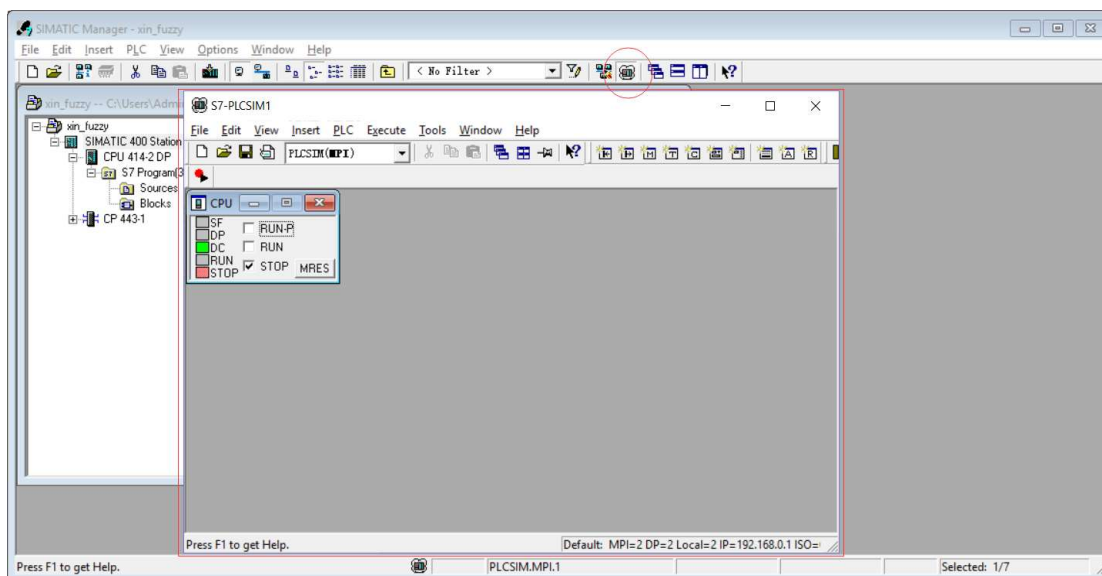


Рисунок 5.8 – Окно PLCSIM

Потом в меню 'Options' необходимо найти подменю 'SET PG/PC Interface' интерфейс и выбрать PLCSIM.MPI.

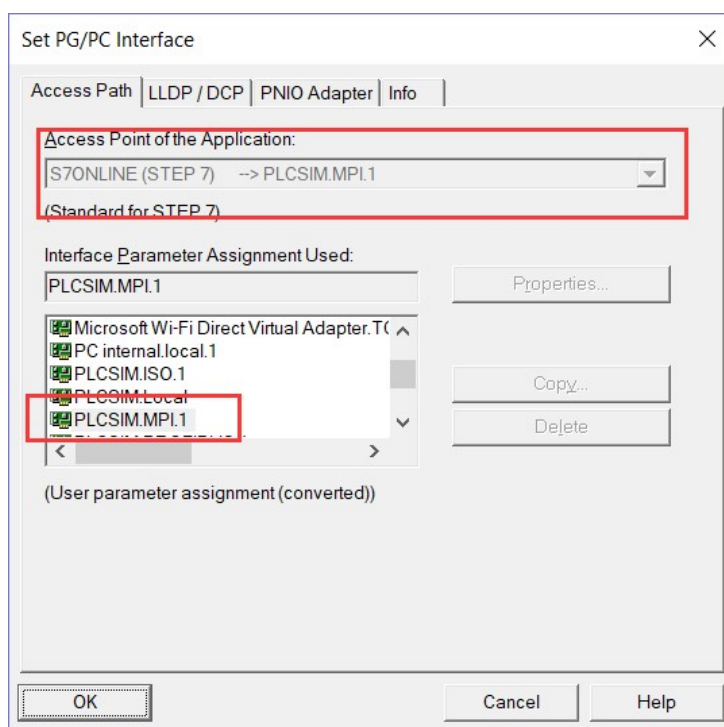


Рисунок 5.9 – Окно SET PG/PC Interface

Затем необходимо открыть SCADA WinCC, и в Tag Management выбрать оборудование SIMATIC S7 Protocol Suite, далее в интерфейсе MPI создать параметры и группу. Нужно также внести соответствие значений MPI WinCC и PLCSIM, которое по умолчанию значение равно 2 (Slot Number).

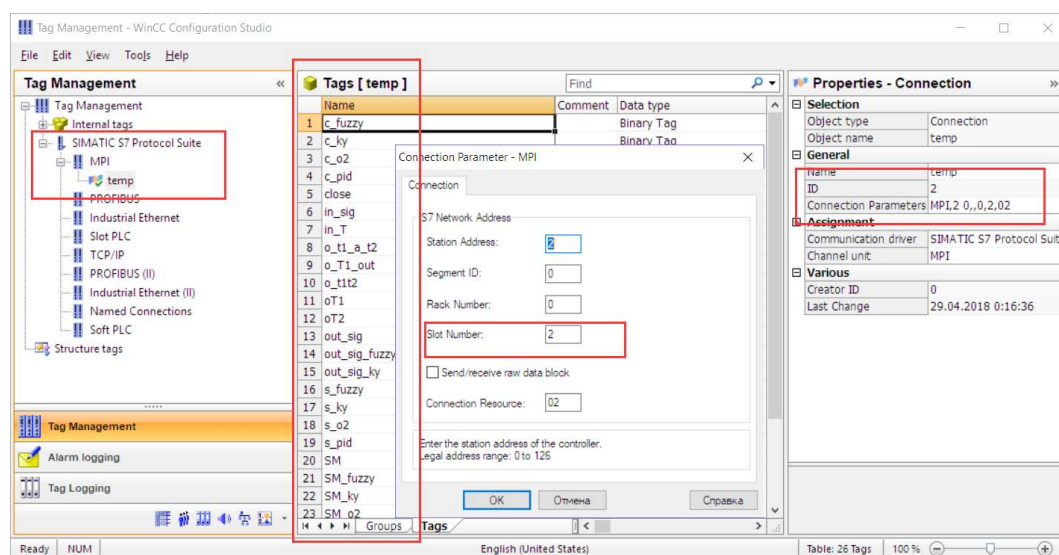


Рисунок 5.10 – Интерфейс Tag Management

Потом в Graphics Designer создается новый рисунок и можно начать проектировать интерфейс мониторинга, при подключении соответствующих объектов и параметров.

В результате выполнения ВКР была разработана мнемосхема, на которой

представлены элементы для отображение выходной величины объекта управления в виде графика, числового значения и гистограммы, параметров ОУ с возможностью их задания в ручную. Так же на мнемосхеме присутствует окно отображения и задания параметра настройки КУ, окно отображения задающего воздействия. Вид мнемосхемы представлен на рисунке 5.11.

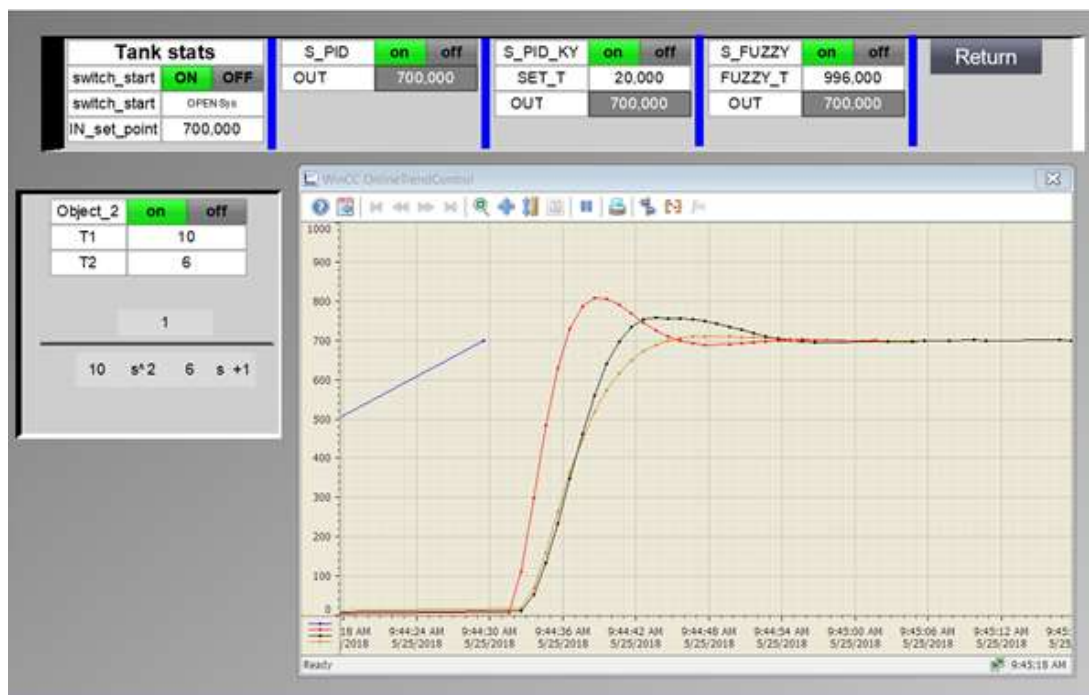


Рисунок 5.11 – Мнемосхема

5.2 Методическое обеспечение

Разработанное в процессе выполнения выпускной квалификационной работы методическое обеспечение состоит из указаний по выполнению лабораторной работы «Нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования» и позволяет ознакомиться со структурой и принципом работы нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением на примере системы управления объектом первого и второго порядков, а также получить практические навыки по программной реализации нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования.

В методических указаниях приводятся: цель работы, описание пользовательского интерфейса, обзор используемых в данной лабораторной

работе блоков, задание на лабораторную работу, методические указания по составлению программы нечеткого регулятора с нечетким корректирующим устройством с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования, содержание отчёта и контрольные вопросы.

Полный текст методических указаний представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Г данной выпускной квалификационной работы.

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕЖЕНИЕ

Контроллеры используются не только как автономные средства локального управления технологическим установками, но и в составе широкомасштабных систем автоматизированного управления целыми предприятиями.

В настоящее время на Российском рынке преобладают контроллеры иностранных фирм: Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc, однако с течением времени увеличивается доля рынка, занятая отечественной продукцией Российских фирм (НИЛ АП, Текон, Фаствел, ДЭП, Овен, Элемер, Эмикон и др.), что соответствует общемировой тенденции, когда в большинстве стран отечественные фирмы занимают большую долю рынка, чем иностранные. Это объясняется следующими факторами:

- благодаря использованию западных технологических линий и материалов качество изготовления Российских контроллеров часто превосходит зарубежное качество в связи с более высоким уровнем подготовки Российских специалистов;
- Российские фирмы обеспечивают более квалифицированную техническую поддержку и русскоязычную документацию;
- большую роль играет срок поставки и территориальная близость производителя к потребителю;
- соответствие отечественных разработок Российским стандартам, чего часто нельзя сказать об импортных контроллерах;
- лучшее знание Российского рынка отечественными производителями.

Широкому распространению ПЛК в большой степени способствует рост компьютерной грамотности населения, спецкурсы в ВУЗах, множество курсов повышения квалификации, проводимых ведущими системными интеграторами.

В данном разделе исследуется рынок контроллеров, которые

применяются в той или иной области производства. Для рассмотрения были взяты две модели контроллеров:

1. S7-1500
2. S7-400

Согласно последнему опросу по Интернет, проведенному журналом Control Engineering совместно с Reed Research, большая часть опрошенных использует ПЛК в задачах управления станками. На втором месте - задачи, связанные с управлением технологическими процессами, далее идет управление перемещениями и задачи диагностики. Чаще всего контроллеры используют для решения собственных задач (54%), реже для производства оборудования для продажи (25%), или для того и другого (17%).

Несмотря на огромное разнообразие контроллеров, в их развитии заметны следующие общие тенденции: уменьшение габаритов; расширение функциональных возможностей; увеличение количества поддерживаемых интерфейсов и сетей; использование идеологии «открытых систем»; использование языков программирования стандарта МЭК 61131-3; снижение цены.

Рассмотренные области: судостроение, машиностроение и пищевая промышленность.

Задачи, применяемые к данному объекту в предпроектном анализе:

1. Потенциальные потребители результатов исследования
2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
3. SWOT-анализ
4. Диаграмма Исикавы.

6.1 Предпроектный анализ

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

АСУТП удобно разделить на классы. Первым в процессе такого разделения является размер системы, определяемый по количеству входных и

выходных сигналов. По нему системы можно разделить на четыре класса:

- Малые системы - число сигналов измерения/управления - до 100, и все они собраны в одном месте.
- Средние системы - число сигналов- несколько сотен, но их тоже можно собрать в одном помещении.
- Крупные однородные системы могут быть представлены набором распределенных однотипных малых или средних систем.

Крупные разнородные системы - обладают большим количеством входов и выходов и требуют одновременной реализации различных алгоритмов контроля и управления.

Потребителями будут являться: судостроительные предприятия, машиностроительная промышленность и пищевая промышленность:

- ООО «Самусьский судостроительный завод»
Судоремонт и модернизация.
- "Кемеровский машиностроительный завод" (КемМаш)

Горно-шахтное оборудование - производство, модернизация, капитальный ремонт.

- ОАО «АК» Томские мельницы»

Производство муки, круп и комбикормов.

Сегментируем рынок по объёму (сложности) системы, которую надо автоматизировать.

Таблица 6.1-Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов

		Размер системы АСУТП		
		Крупные	Средние	Малые
<i>Потребители</i>	Судостроительные предпр.			
	Пищевые комбинаты			

	Машиностроительная промышленность			
--	-----------------------------------	--	--	--



– S7-1500



– S7-400

Из приведённой таблицы 6.1.1-карты сегментирования можно сделать следующие выводы:

- 1) основными сегментами рынка являются контроллеры Siemens S7-400;
- 2) необходимо применять контроллеры S7-400 и S7-1500 для работы со средними размерами систем в пищевой промышленности и средними размерами систем в машиностроительной промышленности.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Оценочная карта конкурентных технических решений (разработок) в данной отрасли по фирмам ОВЕН и Siemens представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк1	Кф	Кк1
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда	0,09	5	4	0,45	0,36
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	5	0,35	0,35
3. Помехоустойчивость	0,09	5	4	0,45	0,36
4. Энергоэкономичность	0,01	4	4	0,04	0,04
5. Надежность	0,03	5	5	0,15	0,15
6. Уровень шума	0,07	5	5	0,35	0,35
7. Безопасность	0,07	4	5	0,28	0,35
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	4	5	0,04	0,05
9.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	4	5	0,08	0,1
10. Простота эксплуатации	0,04	5	5	0,2	0,2

11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	4	5	0,16	0,2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	5	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	0,5	0,5
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	5	5	0,35	0,35
3. Цена	0,07	4	4	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	5	0,16	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,025	5	5	0,125	0,125
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	0,25	0,25
7. Срок выхода на рынок	0,015	5	5	0,075	0,075
8. Наличие сертификации разработки	0,02	5	5	0,1	0,1
Итого	1			4,72	4,74

В оценочной карте для сравнения конкурентных технических решений (разработок), обозначения Бф и Кф это ОВЕН ПЛК100; Бк1 и Кк1 это Siemens S7-1500

Исходя из расчётов, сделанных выше, можно сделать вывод, что разработка с использованием Siemens имеет высокий уровень конкурентоспособности. Уязвимостью является предполагаемый срок эксплуатации разработки. Конкурентное преимущество устройства в функциональной мощности, сроке выхода на рынок и конкурентоспособности.

6.1.3 Fast - анализ

В качестве объекта FAST - анализа выступает нечеткий контроллер с амплитудным подавлением.

Описание главных, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом приведено в таблице 6.3.

Таблица 6 . 3 - Классификация функций, выполняемых объектом исследования.

Наименование детали	Количество деталей	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Блок питания	1	Предоставление питания			X

Преобразователь	1	Измерение толщины стенки трубы	X		
Усилитель мощности	1	Усиление мощности сигнала		X	
Микро- контроллер	1	Обработка данных измерения		X	
ЖКИ и клавиатура	2	Ввод и вывод информации			X

На первом этапе необходимо построить матрицу смежности функции (табл. 6.4).

Таблица 6.4– Матрица смежности функций.

	Предоставл е-ния питания	Измерение толщины стенки трубы	Усиление мощности сигнала	Обработка данных измерения	Ввод и вывод информации
Предоставле- ния питания	=	<	<	<	<
Измерение толщины	>	=	>	>	>
Усиление мощности сигнала	>	<	=	<	>
Обработка данных изме- рения	>	<	>	=	>
Ввод и вывод информации	>	<	<	<	=

Далее происходит определение значимости функции путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям (табл. 6.5).

Таблица 6.5 – Значимость функции.

Функция	Балл	Значимость функции
Предоставления питания для блока сбора данных и усилителя мощности	3	0,122
Измерение толщины стенки трубы	7	0,286
Генерация сигнала и сбор данных	5	0,204
Обработка данных изме- рения	6	0,244
Усиление мощности сигнала	3,5	0,144

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Расчет стоимости функций

Наименование детали (узла, процесс)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоёмкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Блок питания	1	Предоставления питания		-	-	-	250
Преобразователь	1	Измерение толщины трубы	0,5	-	-	-	350
Усилитель мощности	1	Усиление мощности сигнала		-	-	-	200
Микроконтроллер	1	Обработка данных измерения		-	-	-	300
ЖКИ и клавиатура	2	Ввод и вывод информации		-	-	-	500
Итого							

При помощи вышеуказанных таблиц и построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью функций и затратами на них.

6.1.4 Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы может быть использована при управлении качеством продукции, а также при проектировании новых продуктов, модернизации производственных процессов и даже при анализе учебной деятельности. Она может строится как одним человеком, так и группой лиц по предварительному обсуждению.

Рассмотрим диаграмму Исикавы на примере анализа причин брака изделия. Показаны взаимодействия шести возмущающих факторов, которые приводит к браку изделия. Такие факторы как: материалы (примеси, влажность,

доставка), комплектующие (точность, на контроль действует приемка, на хранение действует температура и влажность), условия труда (рабочее место, воздушная среда, культура производства), оборудование (возраст станка, обслуживание, точность), труд исполнителя (квалификация, дисциплина, опыт), технология (средства измерения, инструмент, технологическая дисциплина, наличие и качество оснастки).

Для построения диаграммы необходимо использовать следующие элементы:

- Персонал - люди которые работают над созданием устройства.

В создании продукта, во-первых, немало важно то, какую квалификацию имеет персонал, так как чем ниже квалификация, тем самым она влияет на производительность и качество работы. Также необходимо учитывать психофизические факторы, в которые входят плохое самочувствие работника, стресс и другие причины ошибок на рабочем месте. Еще один из немаловажных факторов является дисциплина, которая организует процесс работы коллектива.

- Окружающая среда – внешние факторы, которые влияют на условия труда.

Внешних факторов, влияющих на условия труда можно выделить множество, но наиболее критичными являются: слабое световое освещение, шум и электромагнитные волны, при которых не только снижается эффективность труда, но могут стать причиной заболеваний персонала.

- Технология - способ изготовления продукта.

Несоблюдение контроля процесса изготовления, периодичности контроля и нарушения алгоритма управления приводит к изъясам продукции.

- Материалы – предметы труда из чего изготавливается продукт.

Ненадлежащий уход, низкое качество материала и вышедший срок годности сказывается на качестве готового продукта.

- Оборудование - инструмент с помощью которого делается устройство.

Разбалансировка, износ инструмента и скорость работы влияет на качество изготовления продукции

- Дефект - производственный брак, возникающий при несоблюдении требований, которые были описаны выше.



Рисунок 6.1 – Принцип метода диаграммы Исикавы.

Согласно данной диаграммы можно сделать анализ всех уязвимых мест, чтобы в конечном итоге избежать брака при создании готового продукта.

6.1.5 SWOT-анализ

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в данной работе.

Таблица 6.7 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологичность технологии С2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл.1. Дороговизна используемого оборудования Сл.2. Узкий профиль
--	---	---

	<p>потребителей).</p> <p>С3. Простота изготовления</p> <p>С4. Конкурентоспособность продукта.</p> <p>С5. Срок выхода на рынок.</p> <p>С6. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С7. Наличие специального оборудования для проведения экспериментальных исследований.</p> <p>С8. Наличие квалифицированных кадров у потенциальных потребителей.</p>	<p>разработки</p> <p>Сл.3. Низкий уровень прибыльности</p> <p>Сл.4. Несовместимость линеек между собой</p> <p>Сл.5 Поддержка только собственных плат.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения ПО на рынок.</p> <p>В2. Использование развитой международной инфраструктуры для более быстрой доставки плат.</p> <p>В3. Внедрение на новые рынки или сегменты рынка</p> <p>В4. Быстрый рост рынка</p> <p>В5. Расширение спектра применения разработки</p> <p>В6. Хорошие связи с потребителями</p>	<p>Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность ПО и ускорить выход на рынок. В процессе продвижения разработки на рынок может появиться дополнительный спрос на разработку. Кроме того, проект может внедриться в новые сегменты рынка. Данная разработка может быть усовершенствована и дополнена новыми функциональными возможностями что в свою очередь влияет на ширину спектра применения данной разработки.</p>	<p>Кроме того, для лучшего продвижения разработки может быть достигнута тесная связь с потребителями.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Появление продуктов-заменителей</p> <p>У3. Экономический спад</p> <p>У4. Ограничения контроллера, поддержке только собственных протоколов</p> <p>У5. Появление более современных и дешевых технологий.</p>	<p>Главной угрозой разработки является появление более конкурентоспособных технологий, отличающихся современностью и дешевизной, которые вытеснят продукт с рынка. В экономической ситуации может сложиться спад.</p>	<p>Кроме того, данная разработка может не представлять интереса у покупателей ввиду ограничений контроллера, выраженных в поддержке только собственных протоколов, что исключает подключение какого-либо нестандартного оборудования, тем самым понижая спрос у потребителей.</p>

Для осуществления базового варианта SWOT-анализа выбрали основные параметры, влияющие на развитие ситуации и/или успешность организации на рынке. Приоритетом служат ключевые факторы успеха. Рассмотрели также основные возможности и угрозы, которые могут повлиять на компанию или рассматриваемую ситуацию. Провели оценку возможностей и угроз по вероятности их наступления и степени влияния на рассматриваемую ситуацию.

6.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

В таблице.6.8 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Описаны ожидаемые результаты проекта и критерии приемки результата проекта и требования.

Таблица 6.8 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Цель работы: провести исследования и программно реализовать нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением на контроллере Simatic S7-400
Ожидаемые результаты проекта:	Устойчивость системы и ее оптимальные качества
Критерии приемки результата проекта:	время регулирования не более 100 сек.
Требования к результату проекта:	использование нечеткого корректирующего устройства, система устойчивая

Цели проекта также включает цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

6.2.1 Организационная структура проекта.

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл.6.9).

Таблица 6.9 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудоз атраты, час.
1	Скороспешкин М.В	Научный руководитель проекта (НР)	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	1000
2	Пэй Синьсинь	Исполнитель по проекту (И)	специалист, выполняющий отдельные работы по проекту.	300

6.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (6.1)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (6.2)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 366$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 12$).

$$T_{\text{К}} = \frac{366}{366-52-12} = 1,212 \quad (6.3)$$

В таблице 6.10 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 6.10 - График проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
					T_{pi}		T_k	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка задачи	НР	2	4	2,8	3,36	–	4,07	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,29	3,49	0,35
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	12	15	13,2	4,75	15,84	5,76	19,20
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,34	4,07	0,81
Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4,2	1,51	5,04	1,83	6,11
Экспериментальные исследования	НР, И	12	15	13,2	7,92	15,84	9,60	19,19
Обобщение и оценка результатов	НР, И	15	20	17	20,4	14,28	24,72	17,30
Проектирование и изготовление лабораторного стенда	И	8	14	10,4	12,48	8,74	15,13	10,59
Оформление расчетно - пояснительной записки	И	7	14	9,8	-	11,76	-	14,25
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,46	7,44	5,41	9,02
Итого:				82	61,12	79,57	74,08	96,82

На основе табл. 6.10 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 6.10 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 6.11 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ рабо т	Вид работ	Исполнители	$T_{\text{кп}}$, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление ТЗ, постановка задачи	Научный руководитель	7		<div><div></div><div></div></div>											
2	Изучение и обсуждение литературы	Научный руков., инж.	21		<div><div></div><div></div></div>											
3	Экспериментальные исследования	Научный руков., инж.	15				<div><div></div><div></div></div>									
4	Обобщение и оценка результатов	Научный руков., инж.	20					<div><div></div><div></div></div>								
5	Проектирование и изготовление лабораторного стенда	Научный руков., инж.	14							<div><div></div><div></div></div>						
6	Оформление расчетно - пояснительной записки	Инженер (дипломник)	14									<div><div></div><div></div></div>				
7	Подведение итогов	Научный руков., инж.	8									<div><div></div><div></div></div>				



- руководитель



- инженер

6.2.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

6.2.4 Расчет материальных затрат НТИ

В данном пункте рассчитывается стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Материалы необходимые для выполнения данной работы и расчет материальных затрат представлены в табл. 6.12

Таблица 6.12 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб	количество	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	4 шт.	40
карандаш	10	2 шт.	20
Стирательная резинка	5	2 шт.	10
итого			370

Итого сумма расходов составила 370 рублей. В результате полученной суммы можно сделать вывод, что расходы не превышают 500 рублей, что является весьма приемлемой суммой как для студента, так и для сотрудника.

6.2.5 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице 6.13.

Таблица 6.13 - Материальные затраты на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Контроллер Simatic S7-400	247120	1 шт.	247120

Контроллер Simatic S7-1500	75700	1 шт.	75700
Блок питания PS 407(S7-400)	25528	1 шт.	25528
Блок питания PM 1507(S7-1500)	5400	1 шт.	5400
Затраты на доставку контроллера Simatic S7-400	540	1 шт.	540
Затраты на доставку контроллера Simatic S7-1500	550	1 шт.	550
Итого для Simatic S7-400:			273188
Итого для Simatic S7-1500:			82300

Расходы на приобретение спецоборудования для научных работ:

$$З_{CO1} = 273188 \text{ рублей} - \text{для контроллера S7} - 400$$

$$З_{CO2} = 82300 \text{ рублей} - \text{для контроллера S7} - 1500$$

$$\sum \text{ам. сост. (1)} = 6829,7 \text{ рублей} - \text{для контроллера S7} - 400$$

$$\sum \text{ам. сост. (2)} = 2057,5 \text{ рублей} - \text{для контроллера S7} - 1500$$

6.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.9.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{Месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}} \quad (6.4)$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 6.9. При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дня. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 6.5. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{\text{ПР}} = 0,3$ и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 0,3$ ($K = 1,3 * 1,3 = 1,69$).

Таблица 6.14 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Фонд з/платы, руб.
НР	33 900	1130,54	61	68962,94
И	15 000	886,36	80	70909,09
Итого:				139872,03

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили $Z_{\text{осн}} = 139872,03$ руб.

6.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из

следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (6.5)$$

где $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 6.15). Отчисления во внебюджетные фонды

Таблица 6.15– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
НР	68962,94
И	70909,09
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$k_{внеб} = 30,2\%$
Итого:	42240,35

$$З_{внеб} = 30,2 * 139872,03 = 42240,35 \text{ руб}$$

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что производятся большие отчисления во внебюджетные фонды.

6.2.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (6.6)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}1} = (370 + 6829,7 + 139872,03 + 42240,35) \cdot 0,16 = 30289,93 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл}2} = (370 + 2057,5 + 139872,03 + 42240,35) \cdot 0,16 = 29526,38 \text{ руб.}$$

6.2.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 6.16

Таблица 6.16– Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Для S7-400 сумма, руб.	Для S7- 1500 сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	370	370	Пункт 1.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	6829,7	2057,5	Пункт 1.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	139872,03	139872,03	Пункт 1.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	42240,35	42240,35	Пункт 1.3.4
5. Накладные расходы	30289,93	29526,38	16 % от суммы ст. 1-5
6. Бюджет затрат НТИ	219602,01	214066,26	Сумма ст. 1- 6

$$\sum \text{бюджета}(1) = 219602,01 \text{ рублей} - \text{для контроллера S7} - 400$$

$$\sum \text{бюджета}(2) = 214066,26 \text{ рублей} - \text{для контроллера S7} - 1500$$

6.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные и неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу сведена в таблицу (таблица 6.17)

Таблица 6.17 – Реестр рисков

№	Риск	Потенци- альное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
1	Недостаточный спрос	Уменьшение объема продаж	4	5	В	Модернизация продукта	Конкуренция на рынке
2	Отсутствие компетенций сотрудников	Нарушения процесса работы	3	4	С	Своевременное обучение	Неграмотная работа отдела кадров
3	Нарушение сроков поставки	Задержка	3	3	Н	Соблюдение договоренности	Погодные условия; задержка на таможне; человеческий

							фактор
4	Выход из строя оборудования	Остановка всего процесса работы	3	5	В	Регулярное тестирование оборудования	Износ оборудования; человеческий фактор
5	Низкое качество материалов	Задержка	3	3	Н	Контроль закупки	Человеческий фактор
6	Потеря данных	Задержка работ до восстановления данных	3	4	С	Создание резервных копий	Недостаточная защита данных; Человеческий фактор
7	Непредвиденные риски	От небольшой задержки до остановки всего процесса	2	2	Н	Тщательная организация процесса работы	Внешние и внутренние не учитываемые факторы

По итогам таблицы приходим к результату, что в каждом проекте необходимо учитывать риски, чтобы предотвратить непредвиденные затраты или полную остановку процесса работы, что тоже повлечет за собой издержки.

6.3.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (табл. 6.17).

Таблица 6.18 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

проекта

исследования Критерии \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4
4. Энергосбережение	0,20	5	4
5. Надежность	0,25	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	5
ИТОГО	1		

$$I_{p-исп1} = 4*0,1 + 4*0,15 + 3*0,15 + 4*0,20 + 5*0,25 + 4*0,15 = 4,1;$$

$$I_{p-исп2} = 5*0,1 + 5*0,15 + 4*0,15 + 4*0,20 + 5*0,25 + 5*0,15 = 4,35;$$

Таблица 6.19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,1	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,1	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,22	1,24

Таким образом, исполнение № 2 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнением № 1. Оба исполнения с финансовой точки зрения одинаково эффективны.

6.3.2 Анализ показателей методики освоенного объема

Для оценки ресурсоэффективности проекта в части сроков и стоимости целесообразно использовать метод «освоенного объема» (earned value). Он используется для того, чтобы контролировать ход проекта, то есть ответить в

некоторой контрольной точке на вопрос «где мы находимся по сравнению с планом?», оценить степень достижения результата и понесенные затраты.

При сравнении фактического (ACWP — Actual Cost of Work Performed — фактическая стоимость выполненных работ) и планового (BCWS — Budgeted Cost of Work Scheduled — сметная стоимость запланированных к выполнению за рассматриваемый период времени работ) количества потраченных ресурсов на заданный момент времени, то есть при контроле бюджета проекта, возникает неоднозначность в интерпретации причин отклонений.

А именно, предположим, показатель $ACWP > BCWS$, то есть мы фактически потратили больше средств, чем было заложено в бюджете. Отсюда, к сожалению, невозможно сделать вывод о причине увеличения затрат — сделано больше работ или работа обошлась дороже. И в обратном случае — $ACWP < BCWS$ (потрачено меньше средств, чем было заложено в бюджете) — то ли работа обошлась дешевле, то ли выполнено меньше работ, чем планировалось.

Вывод

В данном разделе был рассмотрен перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию. А именно, был проведен :

1. Предпроектный анализ;
2. Инициация проекта;
3. Планирование управления научно-техническим проектом;
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

В предпроектном анализе была проведена сегментация рынка, в которой были выведены потребители, использующие данный продукт. Также были приведены конкуренты, которые делают схожий продукт. Было проведено сравнение конкурентных, технических решений в результате которого было установлено, что разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности. В дальнейшем был произведен SWOT-анализ, согласно которого были определены сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы которым может быть подвержен проект. Также была сделана диаграмма Исикавы, по которой можно увидеть все возможные слабые места проекта.

В инициации проекта был разработан перечень этапов, работ и распределение исполнителей. Было выполнено определение трудоёмкости выполнения работ. На основе полученных данных ранее был составлен график проведения научного исследования и календарный план-график проведения НИКОР по теме.

В планировании управления научно-техническим проектом были рассмотрены затраты по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В результате рассмотрения данных статей, были сделаны соответствующие выводы. Сумма расходов на материалы составила 370 рублей. Расходы на приобретения спецоборудования составили 273188 рублей для контроллера S7-400 и 82300 рублей для контроллера S7-1500. Амортизация для S7-400 будет составлять 6829,7 рублей и 2057,5 рублей для S7-1500. Затраты на основную заработную плату обошлись в 139872,03 рублей, отчисления во внебюджетный фонд вышли в 42240,35 рублей. Накладные расходы для контроллера S7-400 получились 30289,93 рублей, для контроллера S7-1500 получились 29526,38 рублей. И в конечном итоге сумма затрат НТИ для контроллера S7-400 вышла 219602,01 рублей, для контроллера S7-1500 вышла 214066,26 рублей.

Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности исследования показало, что исполнение № 2 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнением № 1. Оба исполнения с финансовой точки зрения одинаково эффективны.

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика проводимых работ, рабочему месту и рабочей зоны. Проанализированы опасные и вредные факторы труда, а также разработан комплекс мероприятий снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников, общество и окружающую среду.

Вопрос производственной и экологической безопасности является одним из наиболее важных при разработке проекта любой сложности. Причины нежелательных событий могут быть естественными (природными), социально-экономическими и техногенными. Основной задачей при решении данного вопроса в рамках конкретного научного или производственного процесса является создание безопасных и благоприятных условий труда для каждого из его участников, а также экологической безопасности окружающей среды.

Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигиены и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха.

С каждым годом возрастает интенсивность применения компьютерной техники в сферах жизнедеятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных

факторов: электромагнитных полей, радиочастотному (высоких, ультравысоких и средних частот), инфракрасному и ионизирующему излучениям, шуму и вибрации, статическому электричеству. Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением, высокой напряженностью зрительной работы и большой нагрузкой на кисти рук при работе с периферийными устройствами ЭВМ.

В рамках выпускной квалификационной работы нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования. Работа над проектом осуществлялась в одной из учебных аудиторий с персональными компьютерами, расположенной на кафедре автоматики и компьютерных систем в 10 корпусе Томского политехнического университета.

7.1 Техногенная Безопасность

Угрозы техногенной безопасности создаются на всех стадиях жизненного цикла технических систем: при проектировании, при изготовлении технических систем и их компонентов, при эксплуатации.

Выпускная квалификационная работа физико-технической тематики, поэтому будут проанализированы электромагнитное и ионизирующее излучения; производственные метеоусловия, шум и вибрации.

Так как основная часть работы выполняется на компьютере, то рассмотрим влияние ЭВМ на разработчика. Так же необходимо учесть то, что никакого контакта с какими-либо вредными веществами (радиоактивные препараты) нет,

следовательно, данный производственный фактор не будет рассматриваться.

7.1.1 Производственная санитария

Производственная санитария - это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов (согласно ГОСТ 12.0.002-80). Рассмотрим основные опасные факторы непосредственно относящиеся к предметной области, рассматриваемой в данной выпускной квалификационной работе.

7.1.1.1 Электромагнитное излучение

При работе компьютера вокруг него образуется электромагнитное поле, деионизирующее окружающую среду, что делает воздух сухим, слабо ионизированным.

Согласно [14] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 25 нТл.

Возможные способы защиты от ЭМИ:

- использование жидкокристаллический монитор, т.к. его излучение значительно меньше, чем у мониторов с электроннолучевой трубкой.

- расположение монитора и системного блока компьютера максимально удаленно от оператора.

- сокращение времени работы за компьютером и увеличение количества перерывов в работе.

- применение ионизаторов воздуха для увеличения количества легких отрицательных ионов в воздухе.

7.1.1.2 Микроклимат

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, метеоусловия в помещении, используемом для разработки, оказывают существенное влияние на качество работы и производительность труда, а также на здоровье работников.

По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям [15] и приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата.

Период года	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптим альная	Допустимая на рабочих местах		Оптим альная	Допу стима я	Опти мальн ая, не	Допус тимая, не
		Верхняя	Нижняя				

		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.			более	более
Холодный	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	0,1
Теплый	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	70	0,1	0,1

В помещении, где производится разработка температура и влажность воздуха поддерживается в заданных в таблице пределах. Кроме того, имеется автоматическая система кондиционирования, очищающая и нагревающая (охлаждающая) поступающий в кабинет воздух.

Таким образом, нет необходимости в принятии дополнительных мер для создания благоприятных условий.

6.1.1.3 Освещенность рабочей зоны

Правильное освещение помещений и рабочих зон – одно из главных условий создания безопасных и благоприятных условий труда. При недостаточной освещенности развивается утомление зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество брака, повышается опасность производственного травматизма, низкая освещенность способствует развитию близорукости.

По санитарно-гигиенических нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Работа за компьютером относится к IV разряду зрительной работы средней точности. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. По

нормам [16] рекомендуемая освещенность помещения для данного разряда 400 лк (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – нормы освещенности

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональным компьютером, показаны в таблице 7.3 в соответствии с нормами [16].

Таблица 7.3 - Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Искусственное освещение осуществляется с использованием газоразрядных люминесцентных ламп низкого давления типа ЛБ-40, в количестве 12 светильников в каждом по 4 лампы.

Люминесцентные лампы улучшенной цветопередачи.

В лампах улучшенной цветопередачи используется высокоэффективный трех- или пятислойный люминофор, который позволяет хорошо передавать цвет

различных искусственных и естественных объектов. При этом световой поток у таких ламп выше чем у стандартных люминесцентных ламп примерно на 12%. Более полная передача цветовой гаммы окружающей обстановки создает более комфортные условия для восприятия. Лампы улучшенной цветопередачи используются в тех местах, где при помощи общего освещения нужно наиболее четко передать цвета и оттенки окружающих предметов (витрины, мебельные салоны, магазины тканей, выставочные галереи и т.д.).

Специальные люминесцентные лампы чаще всего имеют различные добавки или особый тип люминофора, который позволяет выделить из спектра определенные линии или полосы заданной частоты, в зависимости от назначения лампы. Они могут использоваться например в гастрономии, в медицине (бактерицидные лампы), в рекламных установках, шоу-бизнесе и т.д. Бактерицидные лампы являются источником коротковолнового ультрафиолетового излучения, уничтожающего бактерии, обеззараживающего (стерилизующего) воздух помещений, воду, пищевые продукты, тару на пищевых предприятиях и пр.

Размеры аудитории: длина $a = 11$ м, ширина $b = 8$ м, $h = 3,5$ м. Целью данных расчетов является оценка соответствия искусственного освещения существующим рекомендациям. В аудитории предусмотрено общее равномерное освещение, для которого применяются люминесцентные лампы типа ЛБ (лампы белого цвета), для которых используются светильники типа ЛБ 40 (длинной 400 мм, шириной 24 мм).

Согласно рекомендациям [17], оптимальное размещение светильников в помещении определяется следующими геометрическими параметрами помещения:

H – высота помещения (3,5 м);

$h_c = H - h_n$ - расстояние светильников от перекрытия ;

h_n – высота светильника над полом, высота подвеса;

h_p – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p$ – расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

L – расстояние между соседними светильниками или рядами;

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены (согласно рекомендациям, данным в [8] принимается равенство $l = L/3$).

Также учитывается критерий интегральный критерий оптимальности расположения светильников в помещении λ (оптимальность заключается в компромиссе стоимости оборудования и его обслуживания и равномерности производимого света). Согласно [17], для обозначенного типа светильников $\lambda = 1,4$.

Для светильников типа ЛБ 40 и заданного размера помещения характерны следующие значения обозначенных параметров: $h_n = 3,5\text{м}$; $h_c = 0$; $h_p = 1,5\text{м}$; $h = 2\text{м}$; $L = \lambda \cdot h = 1,8\text{м}$.

Так как помещение прямоугольное, расстояние до крайних рядов светильников различны: $l_a = L/3 = 0,93\text{м}$; $l_b = (b - L - w)/2 = 1,39\text{м}$, где w – суммарная ширина предполагаемых рядов светильников (0,408м).

На основе данных расчетов рекомендуется разместить светильники в два ряда, в каждом из которых нужно установить 6 светильников типа ЛБ 40 мощностью 36 Вт. План размещения светильников для рассматриваемого помещения представлен на рисунке 1. Разрывы между светильниками в ряду составят 0,30 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено по две лампы, общее число ламп в помещении составит 24.

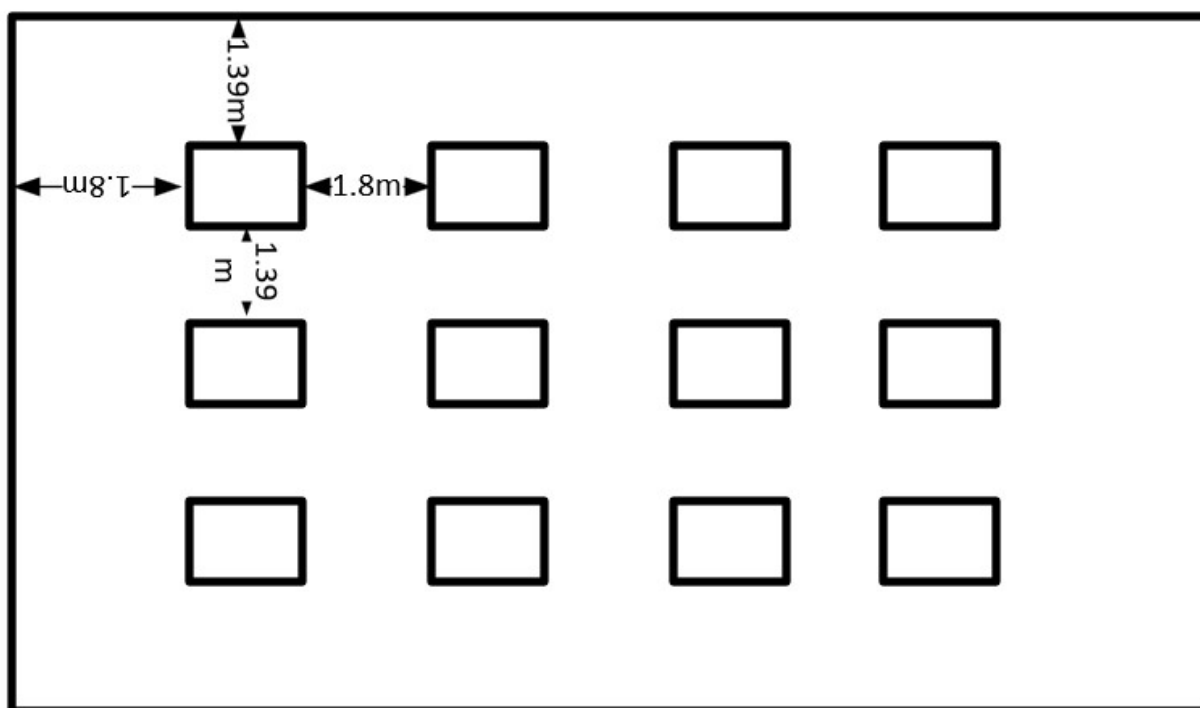


Рисунок 7.1 – План размещения светильников в помещении

Расчет общего равномерного освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от

потолка и стен [17]. Световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле (7.1).

$$F = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{n * \eta}, \quad (7.1)$$

где E_n - нормируемая минимальная освещенность (для данной категории помещений E_n - 400 лк);

S - площадь освещаемого помещения (88 м²);

K_3 - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, запыленность ($K_3 = 1,5$ - для помещений с малым выделением пыли);

Z - коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп берется равным 1,1);

n - число ламп ($n = 48$);

η - коэффициент использования светового потока - показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность.

Степень использования светового потока ламп в помещении зависит как от геометрии помещения (площади (S), линейных размеров (a, b), высоты уровня светильников над рабочей поверхностью (h)), так и от коэффициентов отражения стен p_c и потолка p_n . Учет геометрии помещения осуществляется, с помощью индекса помещения, вычисляемого по формуле (7.2)

$$i = \frac{S}{h * (a + b)}. \quad (7.2)$$

Учитывая, параметры помещения, приведенные выше - $i = 1,3$ м.

Коэффициенты отражения p_c и p_n имеют следующие значения [9]: $p_c = 70\%$

(стены свежепобеленные с окнами закрытыми шторами); $p_{п.} = 70\%$ (потолок свежепобеленный). Согласно таблице коэффициентов использования светового потока с люминесцентными лампами приведенной в [9] имеем $\eta = 53\%$.

Используя формулу (1) получим $F = 2283$ лк. Таким образом, исходя из известного типа лампы, а также вычисленного необходимого светового потока, может быть подобрана стандартная лампа, удовлетворяющая требованиям освещенности помещения. Для расчета одного места необходимо разделить полученное число F на 12, в этом случае получаем 190.25 лк.

6.1.1.4 Уровень шума

Наиболее распространенным вредным фактором на производстве является шум. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: появляется раздражительность, повышается утомляемость, ослабевает внимание, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы. Продолжительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха или даже к его полной потере.

Стандарт [18] распространяется на технологическое оборудование, машины и другие источники шума, которые создают в воздушной среде все виды шумов.

Предельно допустимые нормы [19] уровня шума для рабочих мест приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Допустимые уровни звукового давления и уровня звука на рабочих местах

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в активной полосе частот, Гц								Уровни звука, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
А	71	61	54	49	45	42	40	38	50

А – помещение конструкторских бюро, лаборатории для теоретических работ.

Уровень шумов от компьютеров (шум вентиляторов системы охлаждения) соответствует пункту А таблицы 6.4, т.е. его уровень соответствует норме.

6.1.1.5 Психофизические факторы

Основную часть времени разработчик-программист проводит за работой на персональном компьютере, в следствие чего может ухудшиться зрения, а также возникнуть проблемы со здоровьем в результате неправильной рабочей позы.

Необходимо отрегулировать настройки персонального компьютера, чтобы не было негативного влияния на зрение работника. Для этого необходимо [20]:

- настроить яркость дисплея на приемлемый для глаз уровень;
- увеличить шрифт на экране для удобного чтения;
- настроить контрастность и насыщенность цветов, чтобы глаза не утомлялись во время длительной работы за компьютером.

Во-вторых, рабочее место должно быть максимально удобным, т.к. в

результате неправильной позы могут возникнуть проблемы с шейными и поясничными отделами позвоночника. Для организации правильной рабочей позы, а также организации отдыха работника необходимо соблюдать требования, описанные в документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11]:

- расстояние от экрана монитора до глаз работника должно составлять 60 - 70 см;
- высота, ширина и глубина рабочего стола должна быть комфортной;
- рабочий стул должен быть удобным и регулироваться по высоте и углам наклона спинки;
- экран монитора должен быть антибликовым;
- каждые 2 часа необходимо делать небольшие перерывы по 20 минут;
- работа за компьютером не должна превышать 6 часов.

Несоблюдение вышеуказанных правил может привести к получению работником травмы или развития заболевания. Поэтому на предприятии должен проводиться плановый медицинский осмотр всех работников для контроля за состоянием здоровья сотрудников.

7.2 Техника безопасности

Техника безопасности – это система организационных мероприятий и технических средств, которые направлены на предотвращение воздействия на работающих опасных производственных факторов, являющихся причиной травм или внезапного резкого ухудшения здоровья.

Техника безопасности является частью охраны труда и включает такие

мероприятия, как обучение и инструктаж работающих по вопросам безопасности труда, поддержание в технически безопасном состоянии зданий и сооружений, разработку средств коллективной и индивидуальной защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов, а также организацию обеспечения этими средствами рабочих и служащих [21].

7.2.1 Электробезопасность

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Согласно с [20] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [22]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;

- наличие непроводящего полового покрытия.

7.2.2 Экологическая безопасность

Под региональной безопасностью подразумеваются меры, предпринимаемые для ограничения негативного влияния человеческой деятельности на окружающую среду.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы загрязнения атмосферы не происходило, т.к. никаких выбросов в воздух не происходило, также никакого влияния не оказывается на гидросферы, в связи с отсутствием сбросов в водоем.

Загрязнение литосферы может происходить бытовыми отходами. Наиболее рациональным способом защиты от этого является переработка мусора. Основным отходом в процессе работы была макулатура, ее утилизация происходит на станции вторсырья.

Порядок утилизации. Основные требования и правила.

Согласно требованиям и правилам, порядок действий утилизации ламп накаливания, вышедших из строя, должен начинаться с помещения их на хранение в специальные контейнеры в оборудованных под эти нужды помещениях. При накоплении определенного количества ртутьсодержащих и прочих опасных видов ламп их сортируют, помещают в отдельные ячейки и отправляют в профильную компанию для последующей нейтрализации и переработки. Правила сбора и утилизации люминесцентных ламп обязательны для всех граждан РФ. Предприниматели обязаны заключать договора со

специальной компанией, занимающейся вывозом таких отходов.

7.3 Чрезвычайные Ситуации

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть при выполнении данного дипломного проекта, является пожар, так как происходит эксплуатация устройств электропитания, электронных схем ЭВМ и других источников возникновения пожара. В результате различных неполадок, образующих перегретые элементы и электрические искры, может произойти возгорание горючих материалов.

В соответствии с правилами определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, регламентируемыми, помещение, в котором была написана данная работа, относится к категории В по НПБ 105-03, так как в помещении находятся сгораемые вещества и материалы (шкафы, столы, стулья, документация), для питания вычислительной техники используется напряжение 220В переменного тока.

Для предупреждения возникновения пожара в помещении необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- ✓ организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- ✓ эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;

- ✓ технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- Противопожарный инструктаж работников;
- Изучение правил техники безопасности;
- Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- Обеспечение свободного подхода к оборудованию. В комнате рабочие места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами (от поверхности экрана одного, до поверхности экрана другого) составляет порядка 2,5 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1,5 м, что соответствует нормам. Из вышесказанного следует, что дополнительных мер защиты не требуется (по СП 12.13130.2009);

В коридоре помещения, в котором выполнялся дипломный проект, имеется углекислотный огнетушитель типа ОУ-2, приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

План эвакуации приведен на рисунке 7.2.

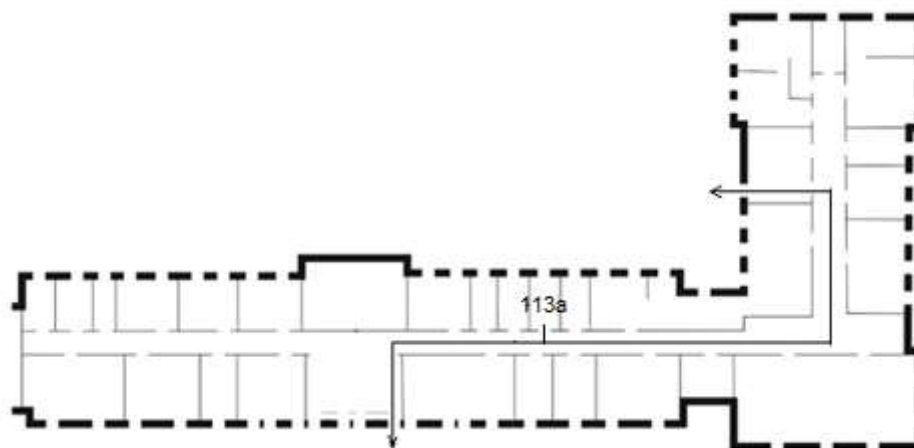


Рисунок 7.2 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещения учебного корпуса №10, пр. Ленина, 2 – 1 этаж, 113 аудитория

7.4 Организационные Мероприятия Обеспечения Безопасности

При выполнении выпускной квалификационной работы основная нагрузка приходится на центральную нервную систему, так как происходит умственная работа. При проектировании необходимо организовать комфортные условия для полноценной работы.

По нормам [23] на протяжении рабочего дня должны быть регламентированы перерывы для качественной работы. Время перерывов в течение рабочей смены устанавливается с учетом её длительности, вида и категории трудовой деятельности.

Правильное положение оператора за ПК показано на рисунке 7.3.

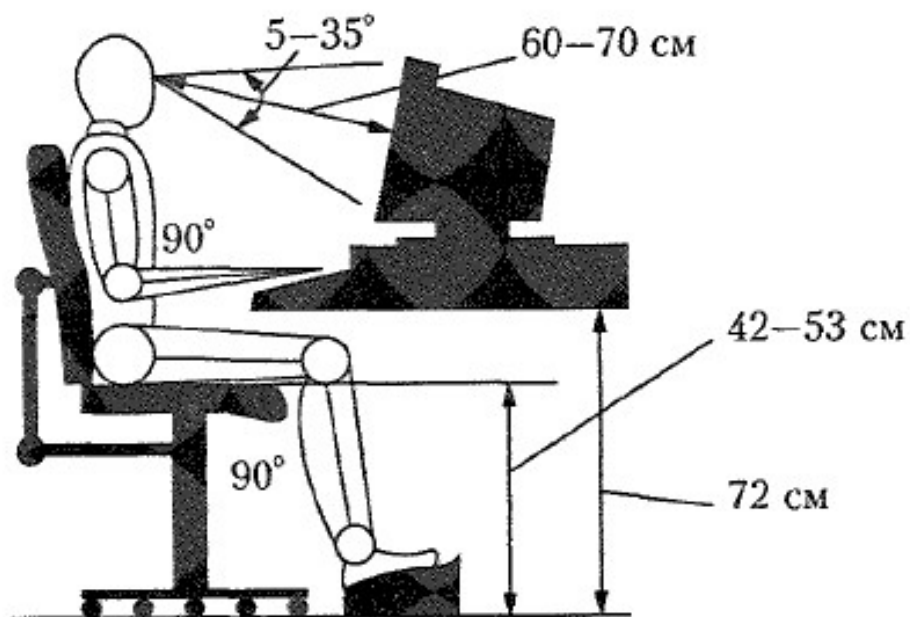


Рисунок 7.3 - Правильная позиция оператора за компьютером

Схема размещения рабочих мест с ПК приведена на рисунке 7.4.

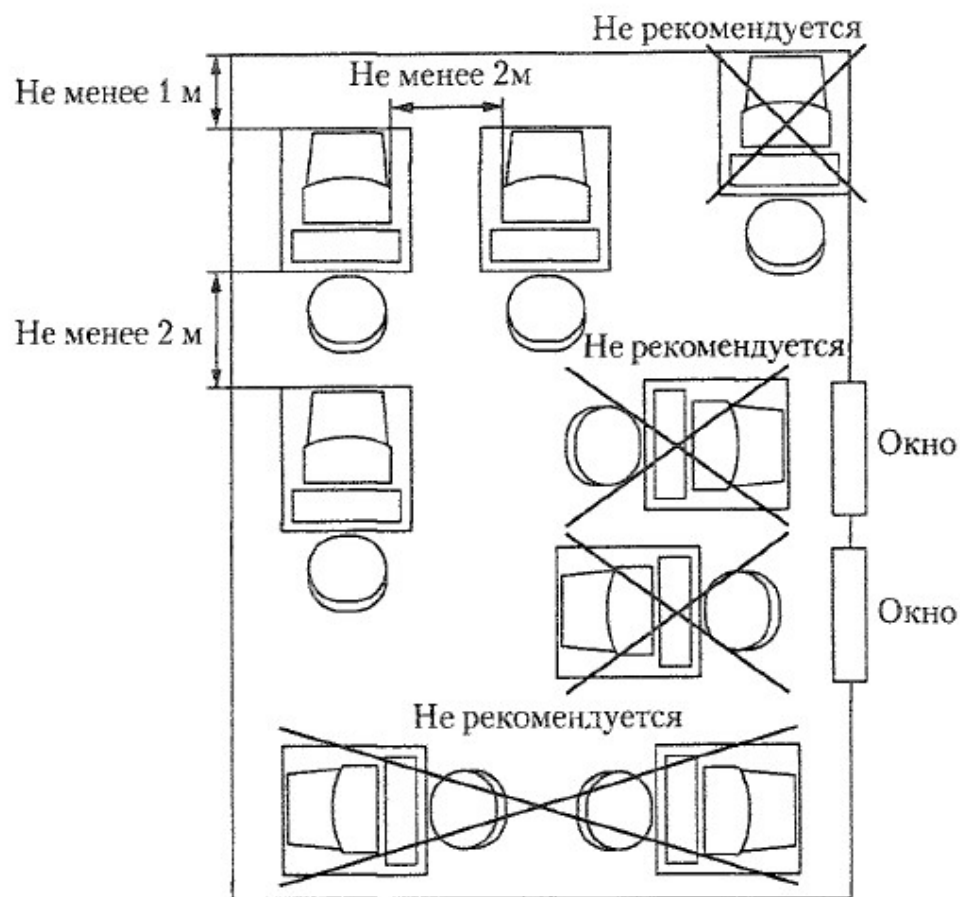


Рисунок 7.4 - Расположение компьютеров в помещении

Мероприятия по организации рабочих мест заключаются в следующем: необходимо вместо стандартных парт установить специальные столы с опорой для левой руки, с местом для размещения текстов и записей в зоне оптимальной досягаемости правой руки, предусматривающие возможность регулировки высоты клавиатуры и экрана монитора.

7.4.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений.

Надзор и контроль в организациях различных организационно-правовых форм и форм собственности проводятся уполномоченными на то государственными органами в соответствии с федеральными законами.

Органы, регулирующие соблюдение федерального законодательства и

нормативных правовых актов: Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России)).

Для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в России существует Единая государственная система, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации [24].

В ходе исследования выявлены вредные и опасные факторы, на основы которых составлен перечень необходимых мер противодействия и минимизации влияния с учетом нормативной документации. Так же реализован комплекс мер по противодействию загрязнению окружающей среды, который состоит в правильной и своевременной утилизации отходов. Приведен перечень действий, необходимых при возникновении возможной чрезвычайной ситуации – пожара. Рассмотрены организационные аспекты обеспечения безопасности.

По итогам исследования рабочее место и объект исследования полностью соответствуют нормативам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было разработано, исследовано и программно реализовано на контроллере SIMATIC S7-400 нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования. Проводилось исследование САР с нечетким КУ с объектом управления первого, второго и третьего порядка. В результате исследования выявлено, что использование такого нечеткого корректирующего устройства способствует улучшению качества системы управления при изменении параметров объекта управления.

Программная реализация нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования была произведена в виде программы в программном пакете STEP7 на языке программирования FBD и в виде мнемосхемы в SCADA пакете WinCC.

Были разработаны методические указания по выполнению лабораторной работы «Изучение нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования» которые будут использоваться в учебном процессе отделения автоматизации и робототехники при изучении курса адаптивные системы управления.

CONCLUSION

Result in implementation of the research, a fuzzy correction device with amplitude suppression for automatic control systems was developed, investigated and programmed on the controller SIMATIC S7-400. The study of ATS with fuzzy CC with a control object of the first, second and third order was carried out. As a result of the research it was revealed that the use of such a fuzzy correction device contributes to the improvement of the quality of the control system when the control object parameters are changed.

The software implementation of the fuzzy correction device with amplitude suppression for automatic control systems was made in the form of a program in the STEP7 software package in the programming language FBD and as a mimic diagram in the SCADA package WinCC.

Methodical instructions were developed for the implementation of the laboratory work "Study of fuzzy correction device with amplitude suppression for automatic control systems" which will be used in the training process of the automation department and robotics in the course of studying the course of adaptive control systems.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Лукин А.Н Теория автоматического управления. Магнитогорск: МГТУ, 2004 – 198
- 2.Kovacic Z., Bogdan S. Fuzzy Controller Design. Theory and Applications - Arlington: Taylor & Francis Group. 2006.
- 3 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. – М: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1975– 768 с.
- 4 Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 421 с.
- 5.Попов Е.П., Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 304 с.
- 6 Власов К.П. Теория автоматического управления: Учебное пособие. – Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007. – 526 с.
- 7 Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования и управления. Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. школа, 1977 – 519 с., ил.
- 8 Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Теория автоматического управления техническими системами: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ, 1993. – 492 с., ил.

- 9 Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМФТЛИТ, 2004. – 464с)
- 10 Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control, 1965, v.8, p. 338 - 353.
11. https://www.siemens-pro.ru/s7-400-modules/PS_405_PS_407.html
12. <http://siemens.elcomplex.com/index.php?tree=1000000&tree2=10007430&tree3=9309999&tree4=10021868&tree5=10036892&tree6=10036893>
13. https://www.siemens-pro.ru/s7-400-modules/CP_443-1.html
14. СанПиН 2.22.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996.
15. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
16. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
17. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. - Томск: Изд. ТПУ, 2008. - 12 с
18. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
19. ГОСТ 12.1.003-83 Шум Общие требования безопасности, 1983.

20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

21. Словари и энциклопедии [Электронный ресурс]. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/

22. ГОСТ 12.1.019–85 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты, 1985.

23. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. Приказом ГУ ГПС МВД РФ от 31.10.95 № 32.

24. Постановление от 30 декабря 2003 г. N 794 О Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159106/

ПРИЛОЖЕНИЕ А

```
function [sys,x0,str,ts] = FUZZY2(t,x,u,flag)
switch flag
case 0
    [sys,x0,str,ts] = mdlInitializeSizes;
    b =1
case 3
    sys = mdlOutputs(t,x,u);
case {1,2,4,9}
    sys =[];
otherwise
    error(['Unhandled flag = ' ,num2str(flag)]);
end;

function [sys,x0,str,ts] = mdlInitializeSizes;
sizes = simsizes;
sizes.NumContStates =0;
sizes.NumDiscStates =0;
sizes.NumOutputs =0;
sizes.NumInputs =1;
sizes.DirFeedthrough =1;
sizes.NumSampleTimes =1;
sys = simsizes(sizes);
x0 = [];
str = [];
ts = [0,0];

function sys = mdlOutputs(t,x,u)
b =[u 1];
c=num2str(b);
set_param ('untitled1/KY_fuzzy/Transfer Fcn2','Denominator',[' ['
[c] ']' ']);
sys =[];
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

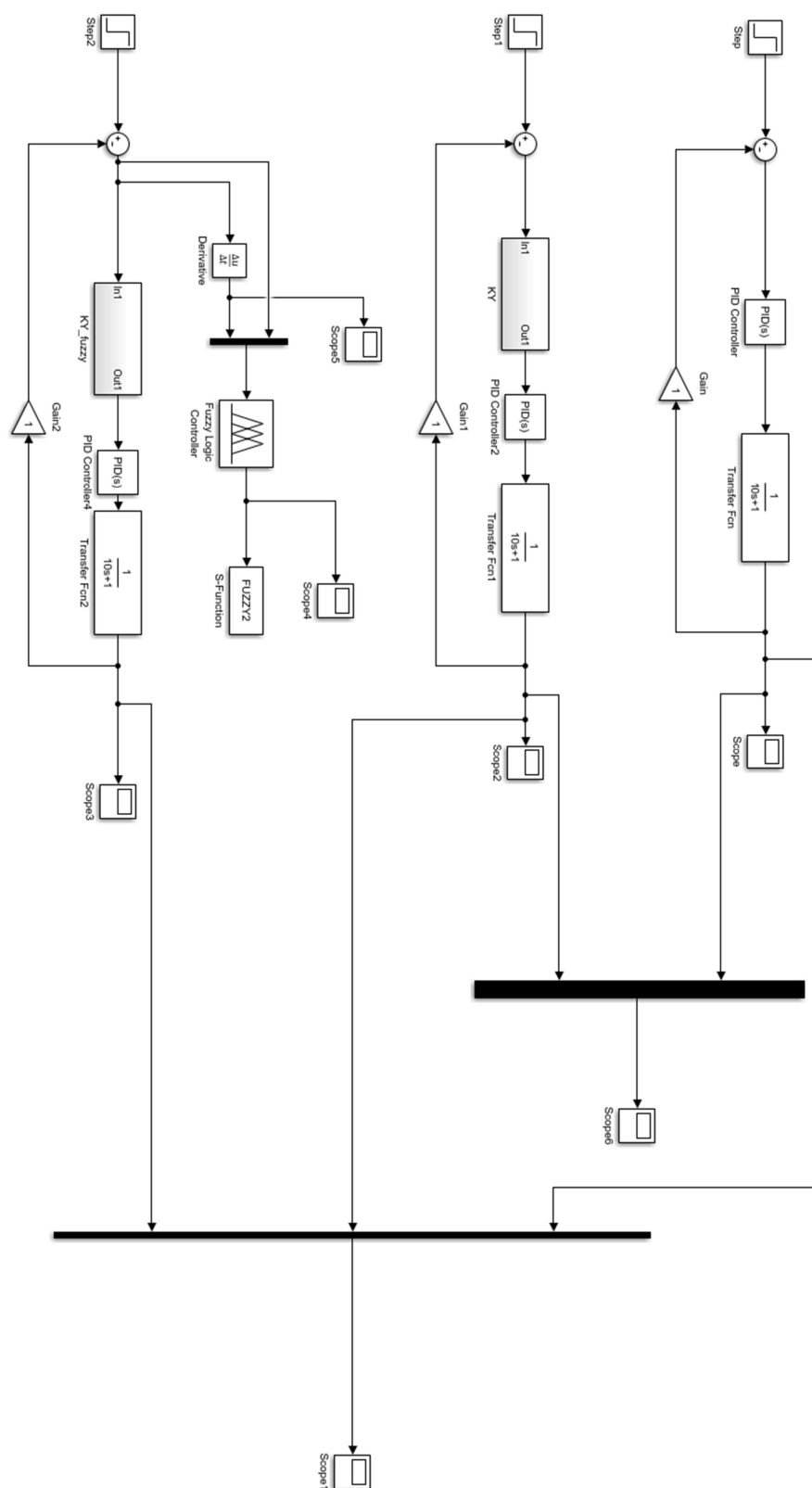


Рисунок 1 – Структурная схема САП в MATLAB

При $W_{op}(s) = \frac{1}{2s+1}$

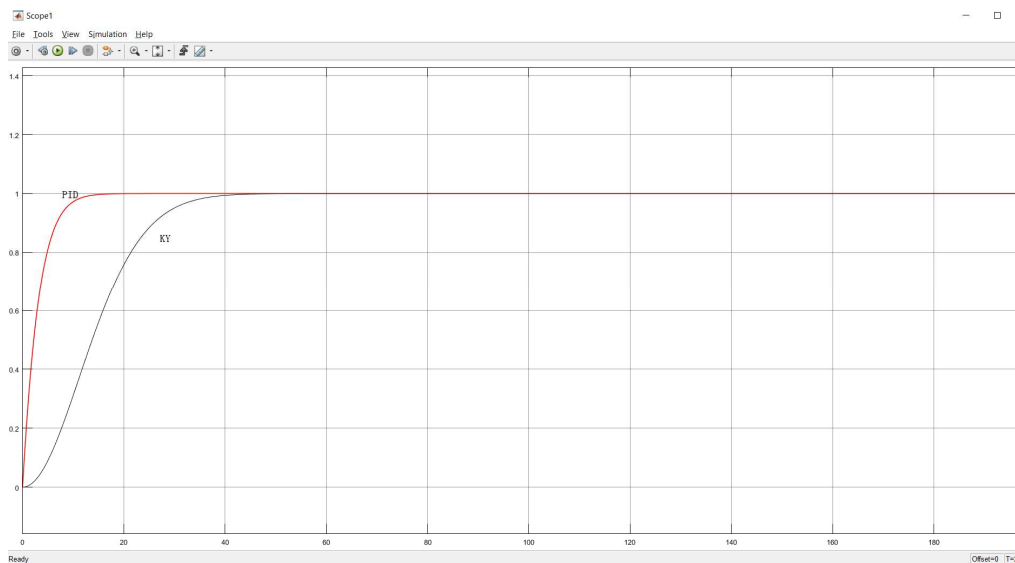


Рисунок 2 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{2s+1}$: кривые без КУ и с использованием КУ

При $W_{op}(s) = \frac{1}{10s+1}$

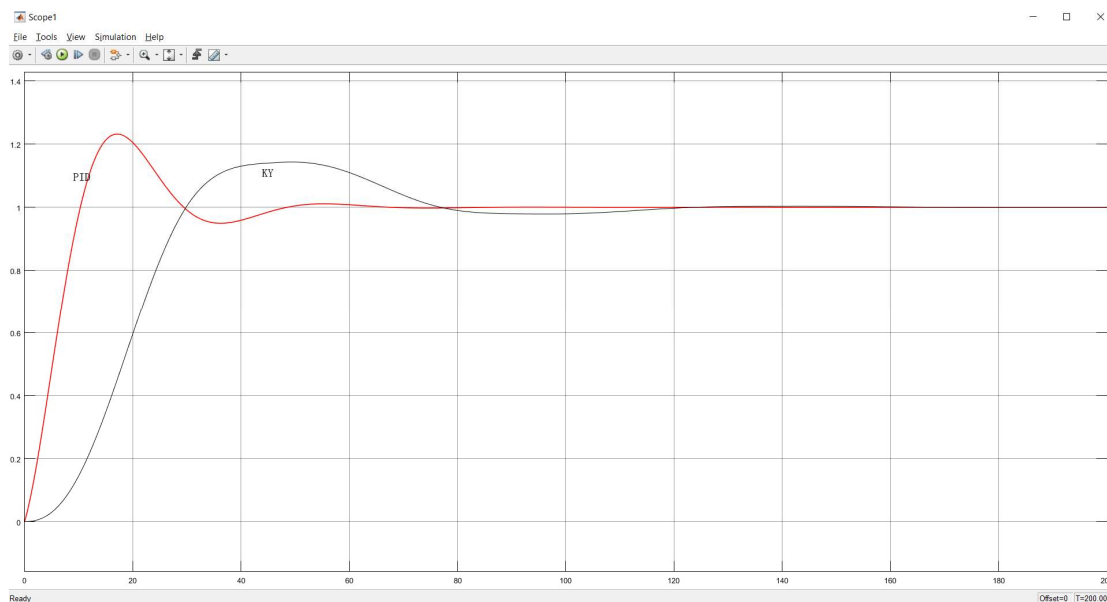


Рисунок 3 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{10s+1}$: кривые без КУ и с использованием КУ

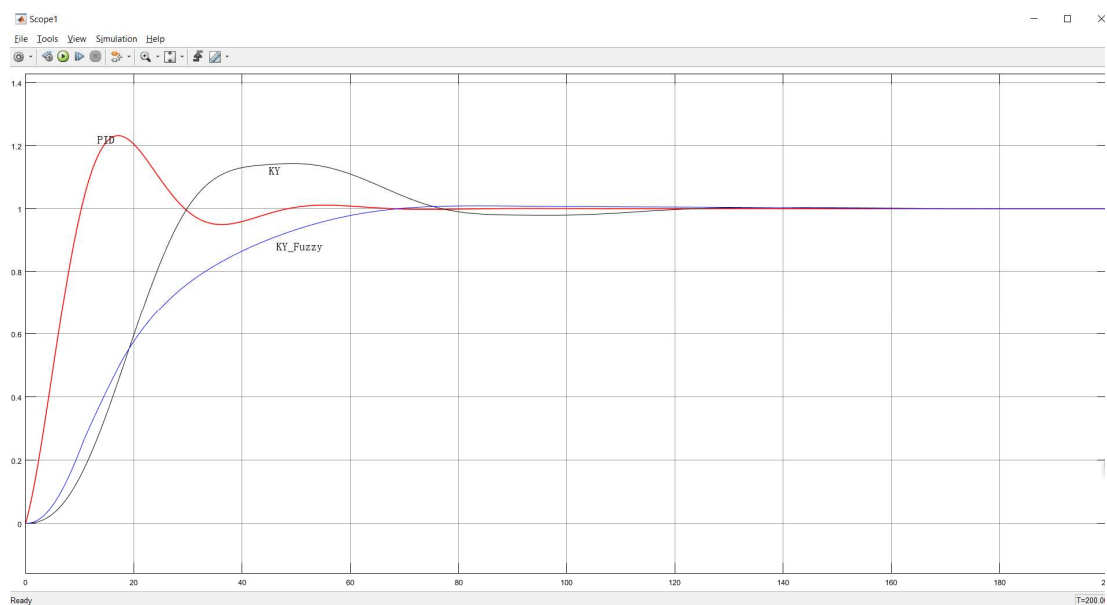


Рисунок 4 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{10s+1}$: кривые без КУ, с использованием КУ постоянных переменных и с нечеткой логикой

При $W_{op}(s) = \frac{1}{s^3+2s^2+5s+1}$

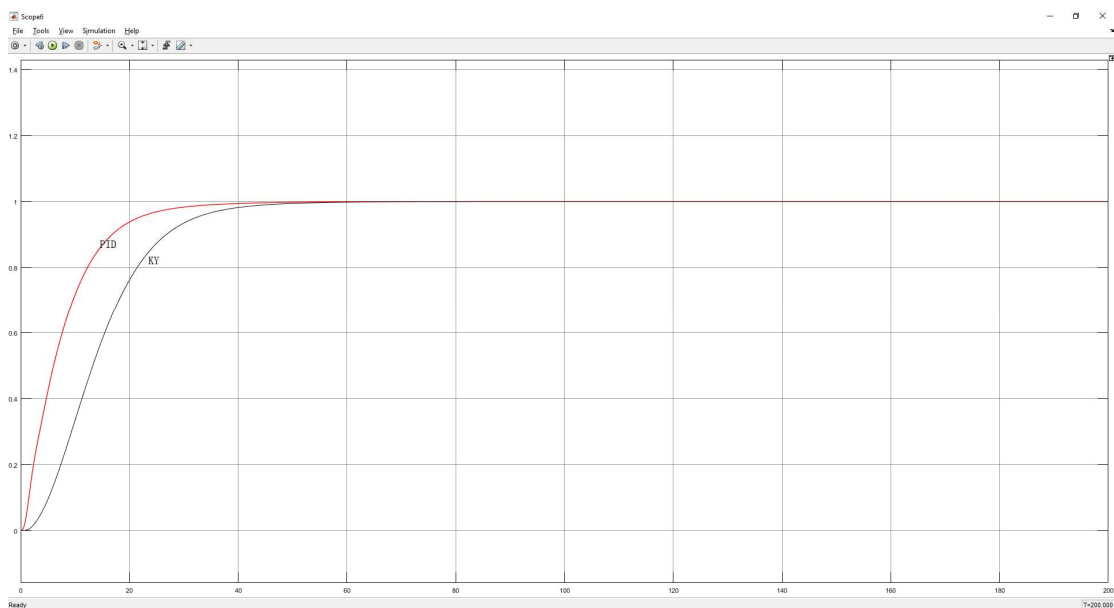


Рисунок 5 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{s^3+2s^2+5s+1}$: кривые без КУ и с использованием КУ

При $W_{op}(s) = \frac{1}{s^3+15s^2+2s+1}$

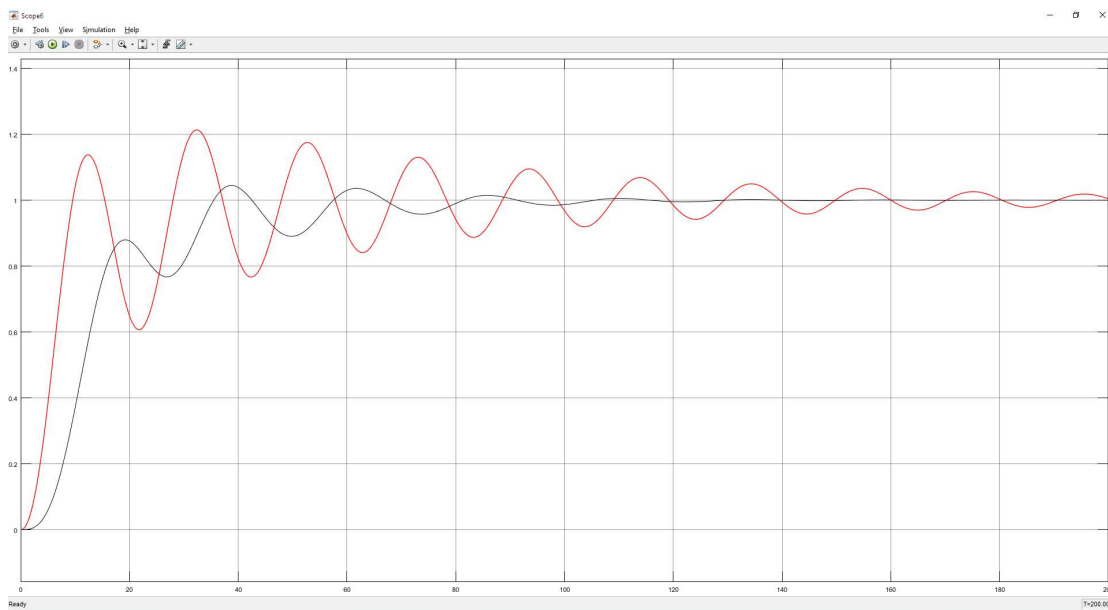


Рисунок 6 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{s^3 + 15s^2 + 2s + 1}$:
кривые без КУ и с использованием КУ

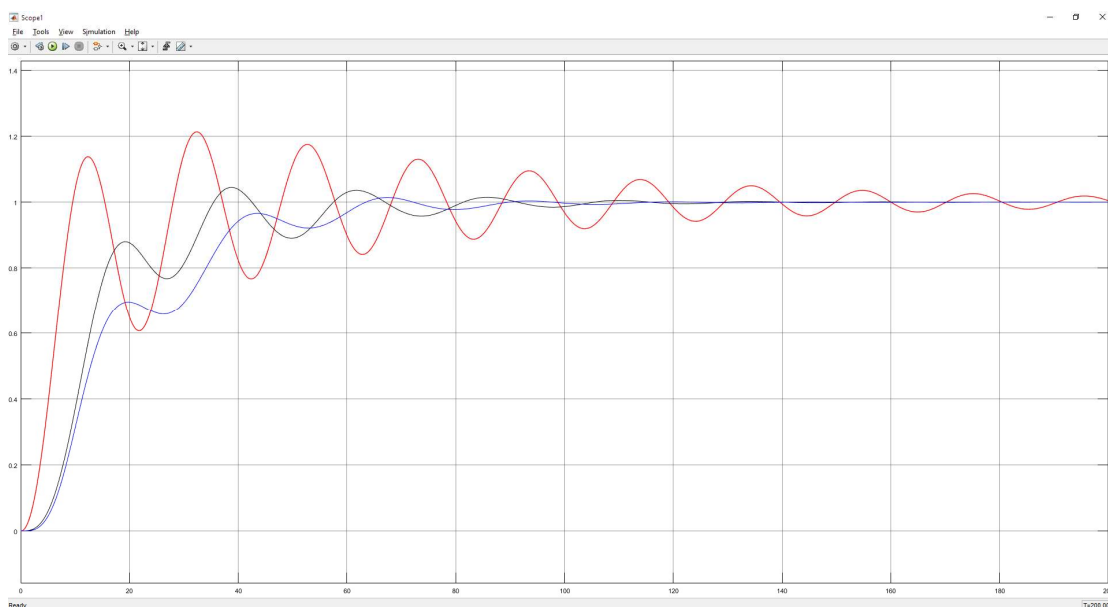


Рисунок 7 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{s^3 + 15s^2 + 2s + 1}$:
кривые без КУ, с использованием КУ постоянных переменных и с нечеткой логикой

- Передаточная функция ОУ (первого порядка)

$$W_{op}(s) = \frac{K}{Ts + 1} \quad (1)$$

преобразуется в последовательность элементарных математических операций

следующим образом:

$$W_{op}(s) = \frac{K}{Ts + 1} = \frac{K}{T} * \frac{1}{s + \frac{1}{T}} = \frac{K}{T} * \frac{1}{s} * \frac{1}{1 + \frac{1}{T} * \frac{1}{s}}$$

Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев будет выглядеть согласно рисунку 8:

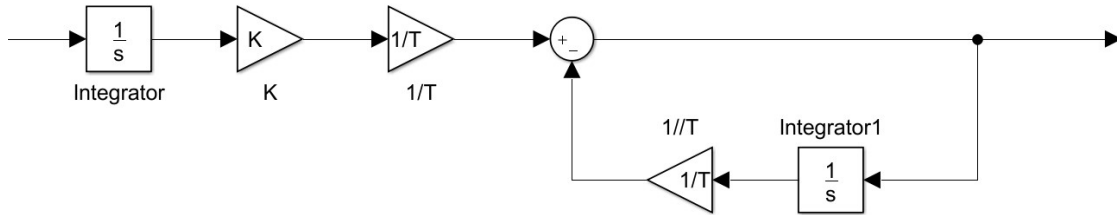


Рисунок 8 – Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев
Объект первого порядка

- Передаточная функция ОУ (третьего порядка)

$$W_{op}(s) = \frac{K}{T_1 * s^3 + T_2 * s^2 + T_3 * s + 1} \quad (2)$$

преобразуется в последовательность элементарных математических операций следующим образом:

$$W(s) = \frac{1}{T_1 * s^3 + T_2 * s^2 + T_3 * s + 1} = \frac{1}{T_1} * \frac{1}{s^3} * \frac{1}{1 + \frac{T_2}{T_1} * \frac{1}{s} + \frac{T_3}{T_1} * \frac{1}{s^2} + \frac{1}{T_1} * \frac{1}{s^3}}$$

Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев будет выглядеть согласно рисунку 9:

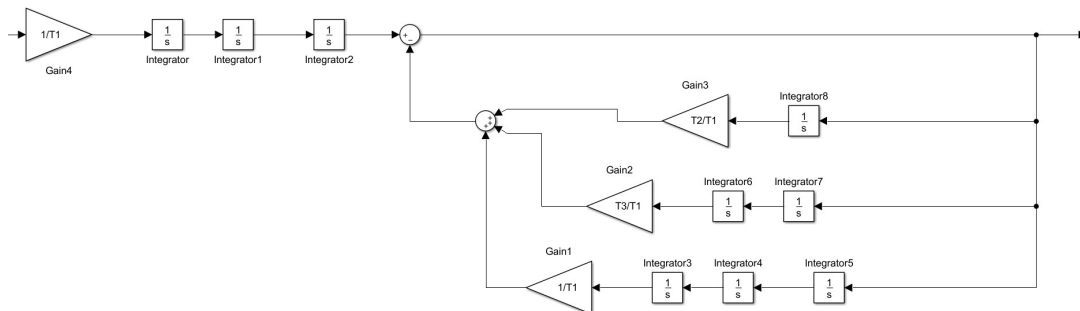
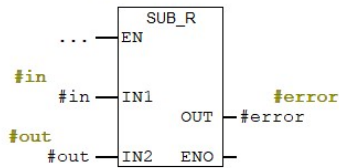


Рисунок 9 – Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев

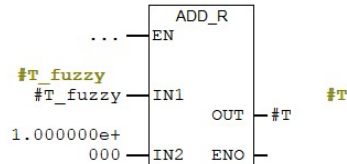
Объект третьего порядк

ПРИЛОЖЕНИЕ В

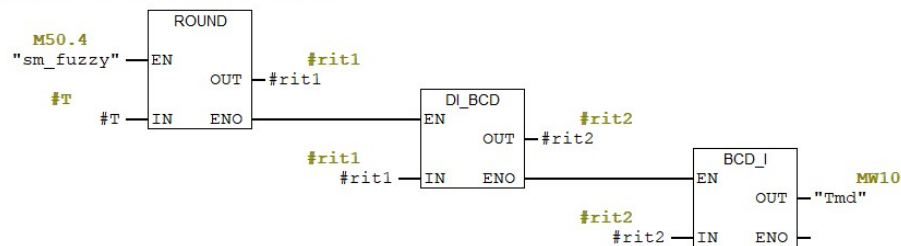
Network 16: error SUM-----fuzzy



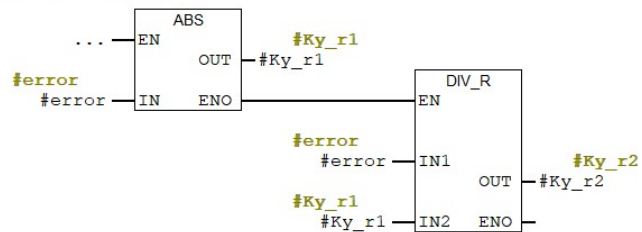
Network 17: fuzzy T



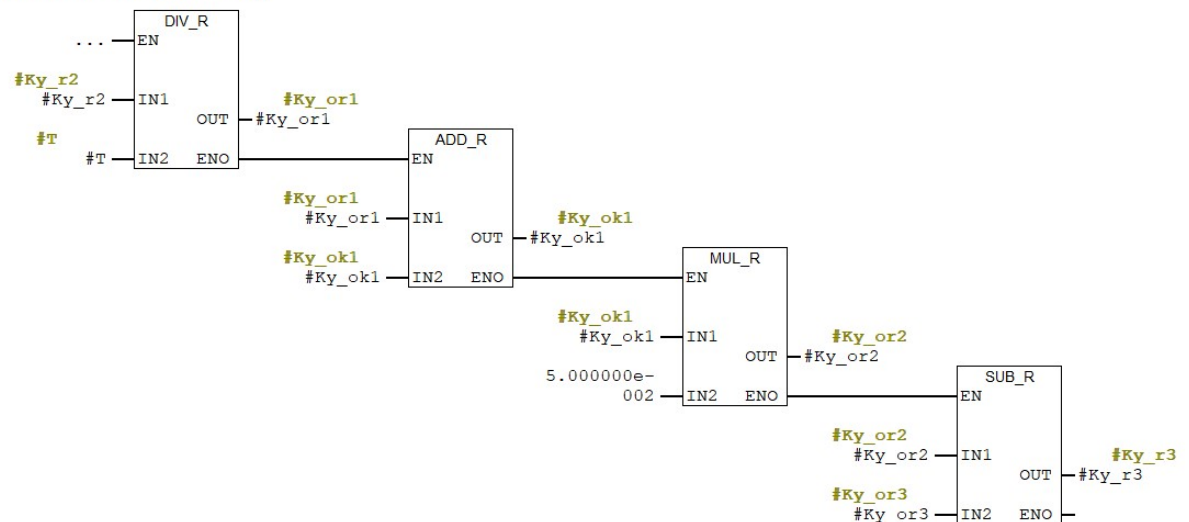
Network 18: TMD out real to int



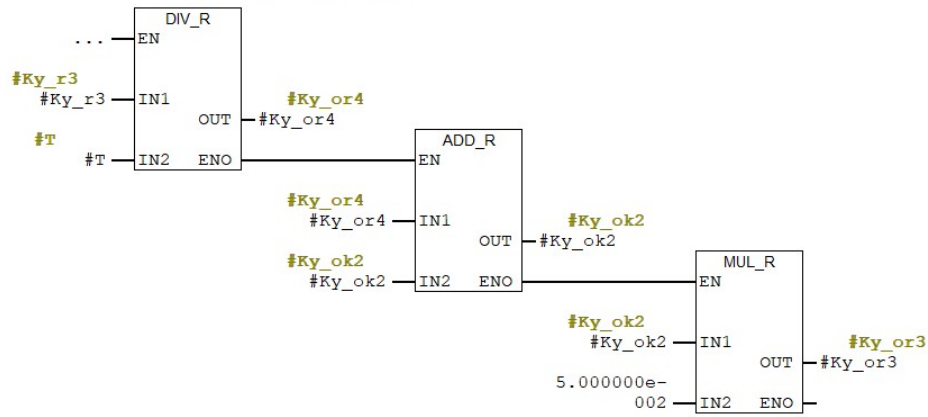
Network 19: SIGN



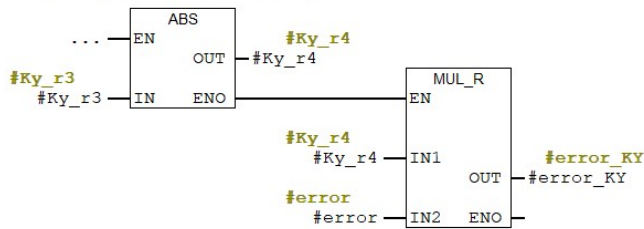
Network 20: KY k=1,T=fuzzy



□ Network 21: KY k=1,T=fuzzy output:ky_r3

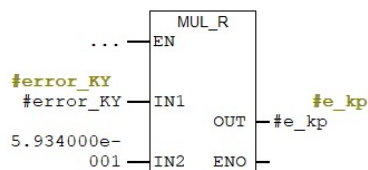


□ Network 22: ABS output:error_KY



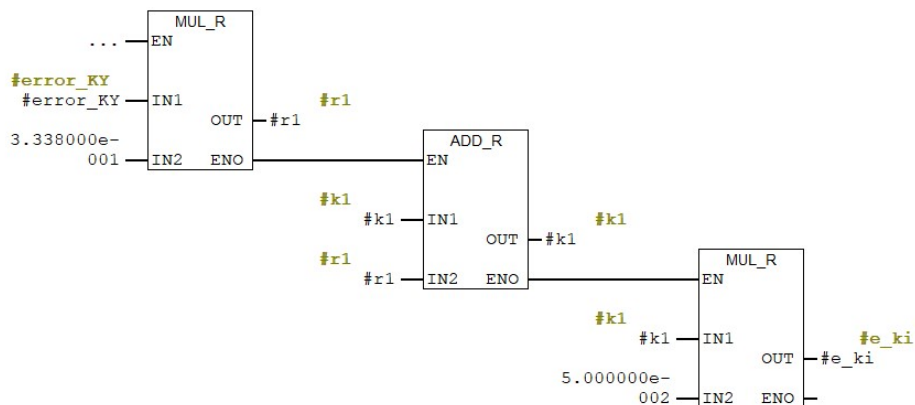
□ Network 23: p

П-канал:
kp=0.5934



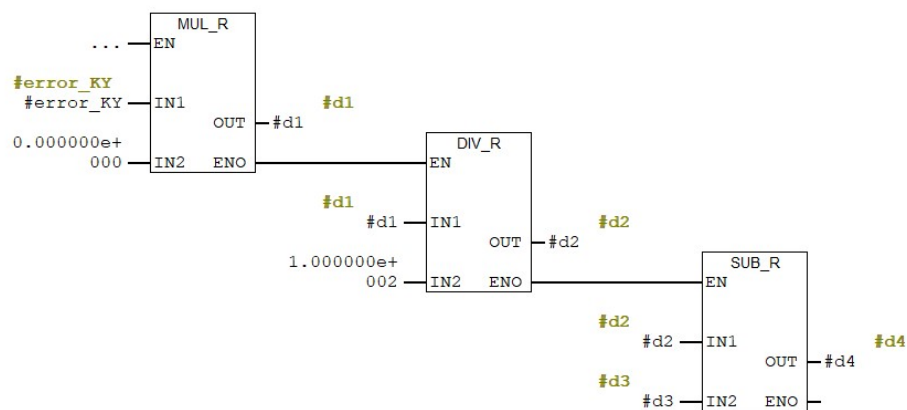
□ Network 24: i

И-канал:
ki=0.3338



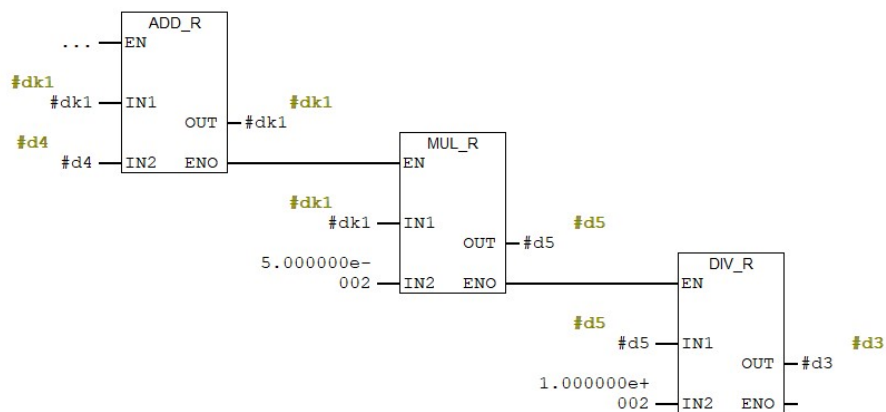
Network 25: D

Д-канал:
kd=0
Td=100

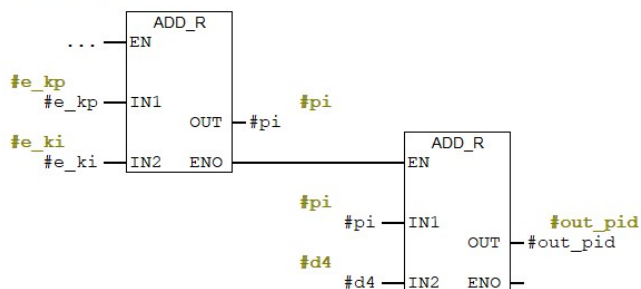


Network 26: D

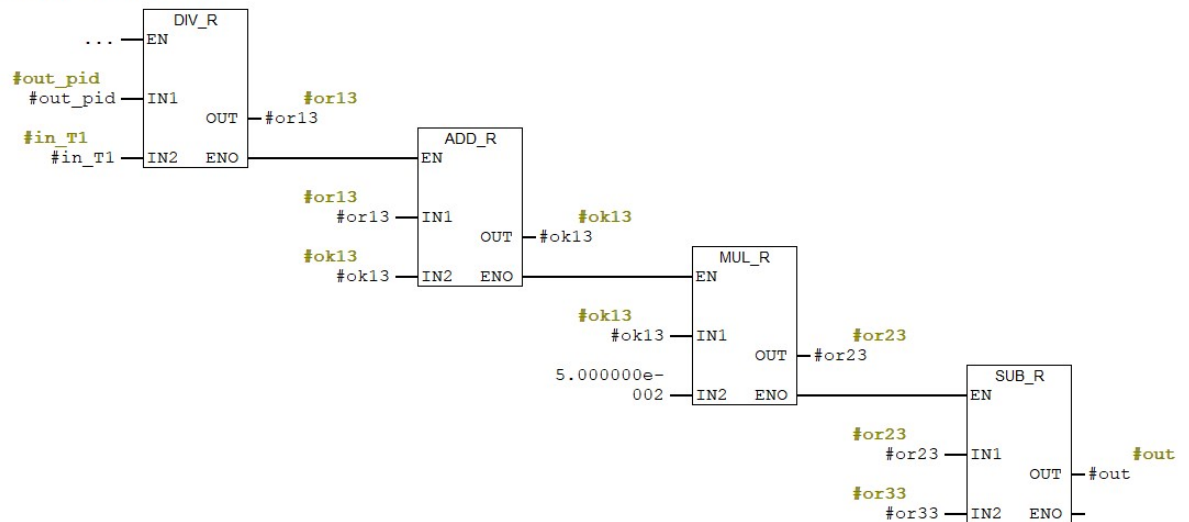
Д-канал:
Td=100



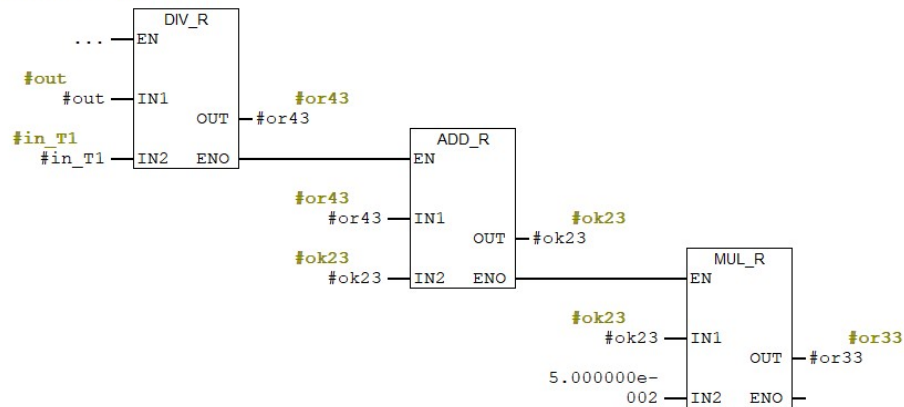
Network 27: PID



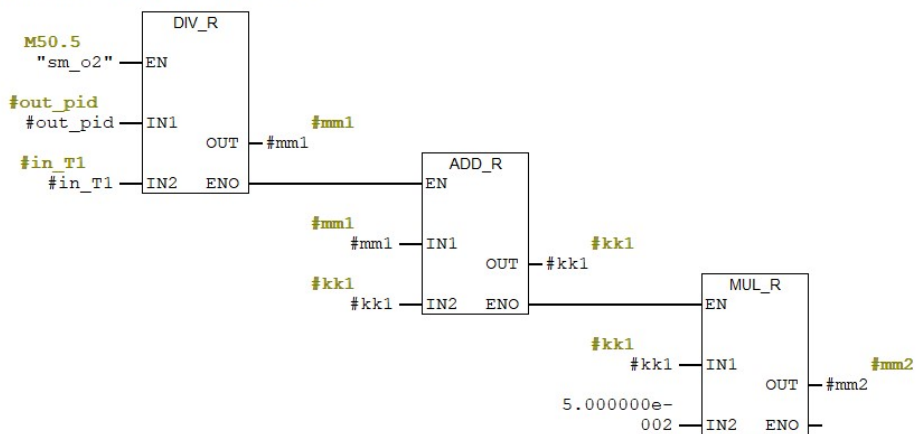
Network 28: Object1



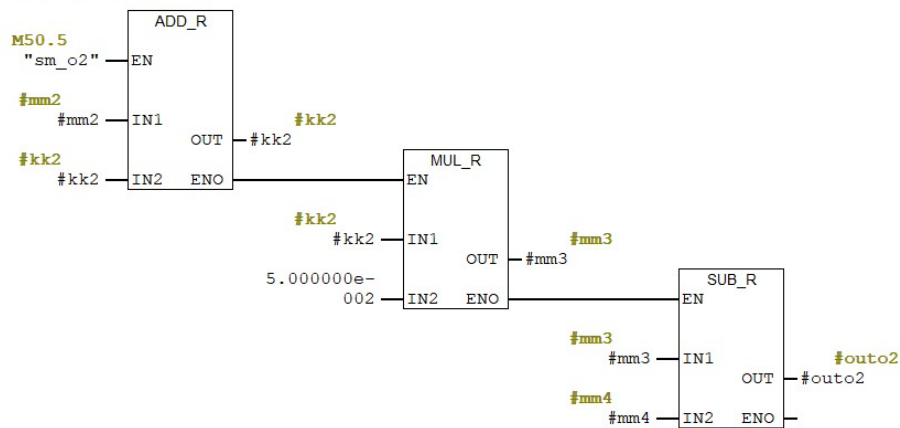
Network 29: Object1



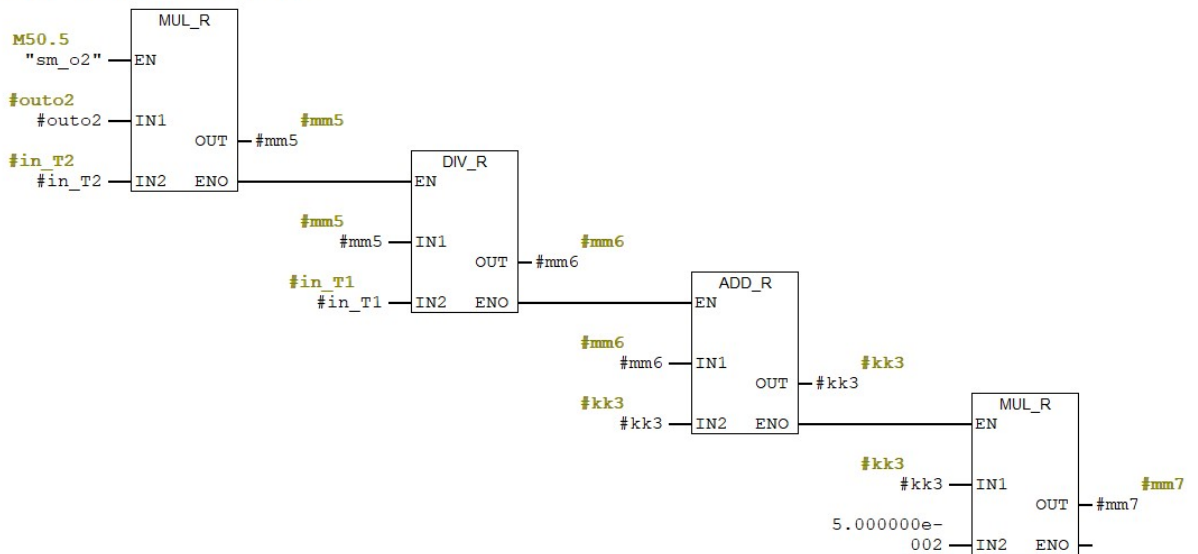
Network 30: Object2 1/T1 *1/s



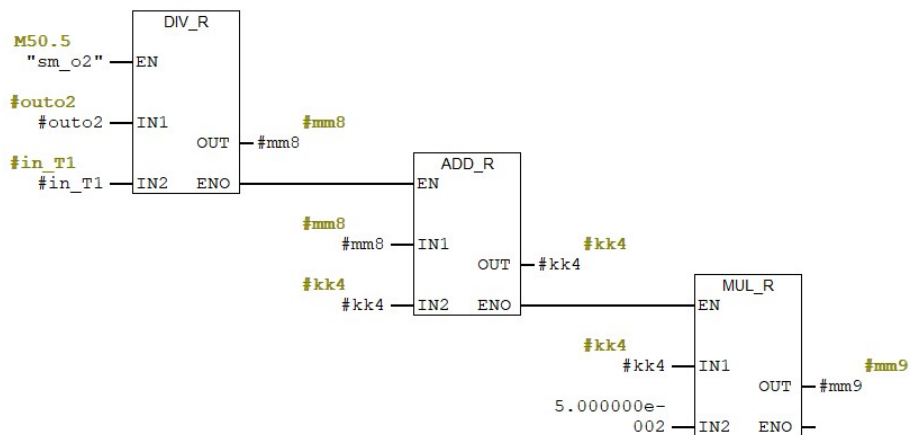
Network 31: Object2 1/s



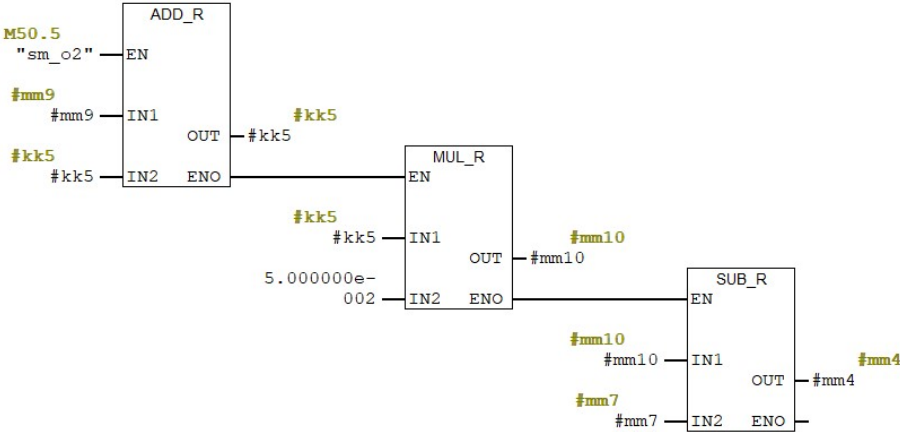
Network 32: Object2 T2/T1 *1/s



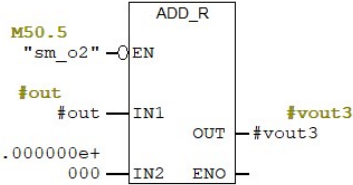
Network 33: Object2 1/T1 *1/s



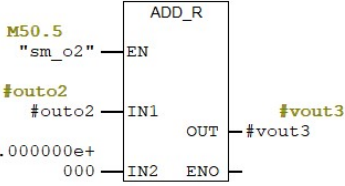
Network 34: Object2 1/s



Network 35: output 1 object



Network 36: output 2 object



Приложение Г

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю

«__» _____ 2018 г.

Пэй Синьсинь

**Нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением для
систем автоматического регулирования**

Методические указания к выполнению лабораторной работы № _ по курсу
«адаптивные системы управление» для студентов, обучающихся по
направлению 27.04.04 «Управление в технических системах»

Издательство

Томского политехнического университета

2018г

УДК 681.515.033.2

ББК _____

П_____

Пэй Синьсинь

Методические указания к выполнению лабораторной работы № _ по курсу
«адаптивные системы управление» для студентов, обучающихся по
направлению 27.04.04 «Управление в технических системах»

/ Пэй Синьсинь. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета,
2018. –с.

УДК 681.515.033.2

ББК _____

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию
методическим семинаром кафедры автоматики и компьютерных систем
ИК «___» _____ 2018 г.

Председатель учебно-методической

комиссии _____

Рецензент

Доцент, кандидат технических наук

М.В. Скороспешкин

© Пэй Синьсинь, 2016

© Томский политехнический университет, 2016

© Оформление. Издательство Томского политехнического
университета, 2016

Оглавление

1.АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПСЕВДОЛИНЕЙНОЙ КОРРЕКЦИИ.....	150
2.ОСНОВЫ ТЕОРИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	155
2.1 Структура Нечеткого Регулятора.....	156
2.2 Общие Алгоритм Нечеткого Регулятора.....	159
3.РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С НЕЧЕТКИМ КОРРЕТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ АМПЛИТУДНОГО ПОДАВЛЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB.....	162
4. СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА И ПРОГРАММА РЕАЛИЗАЦИИ	176
4.1 Структурная Схема Лабораторного Стенда.....	176
4.2 Программа Реализации, Мониторинга И Симуляции Системы Автоматического Управления С Амплитудным Корректирующим Устройством На Языке Программирования FBD В Пакете STEP 7, PLCSIM И Wincc.....	177
4.2.1 Программа реализации ПИД-регулятор, КУ и ОУ на языке FBD в STEP 7.....	179
4.2.2 мониторинга и симуляции системы	181
5. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ	183
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	184
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	185

Цель работы: изучение нечеткого корректирующего устройства с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования.

1. АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПСЕВДОЛИНЕЙНОЙ КОРРЕКЦИИ

Для целей анализа и синтеза нелинейных систем широко применяются частотные методы. При таком подходе из большого разнообразия схем нелинейных устройств, пригодных для использования в цепях коррекции систем автоматического управления, может быть выделен некоторый класс нелинейных корректирующих устройств, в которых равнозначные амплитудно-фазовые характеристики не зависят от амплитуды входящего сигнала. Данное обстоятельство позволяет рассмотреть нелинейные корректирующие устройства установленного класса как псевдолинейные. При этом подразумевается отсутствие в таких устройствах жесткой взаимосвязи между фазовой и амплитудной характеристиками. Отмеченный признак применяется в условиях разработки схем псевдолинейных корректирующих устройств.

С целью формирования неадлежащих запасов устойчивости при урегулировании задач стабилизации замкнутых систем управления необходимо не только уклониться годографом амплитудно-фазовой частотной характеристики разомкнутой системы от охвата критической точки $(-1, 0)$, но и создать условия для его удаления от данной точки. Это достигается применением соответствующих корректирующих устройств.

Корректирующее устройство, в котором присутствуют один из трех видов частотных характеристик, изображенных на рисунке 3, которые в свою очередь

делают возможным подавление усиления при росте частоты без отклонения фазы(рис.1 а); нарастание фазового опережения с ростом частоты без колебания усиления (рис. 1, б); падение усиления, которое сопровождается повышением фазового опережения при росте частоты (рис. 1, в), был бы в наибольшей степени целесообразным корректирующим устройством.

Посредством применения корректирующего устройства, который обладает тем или иным из указанных частотных характеристик, возможно улучшение относительной устойчивости системы автоматического управления, иначе говоря, накопления запасов устойчивости по фазе и модулю.

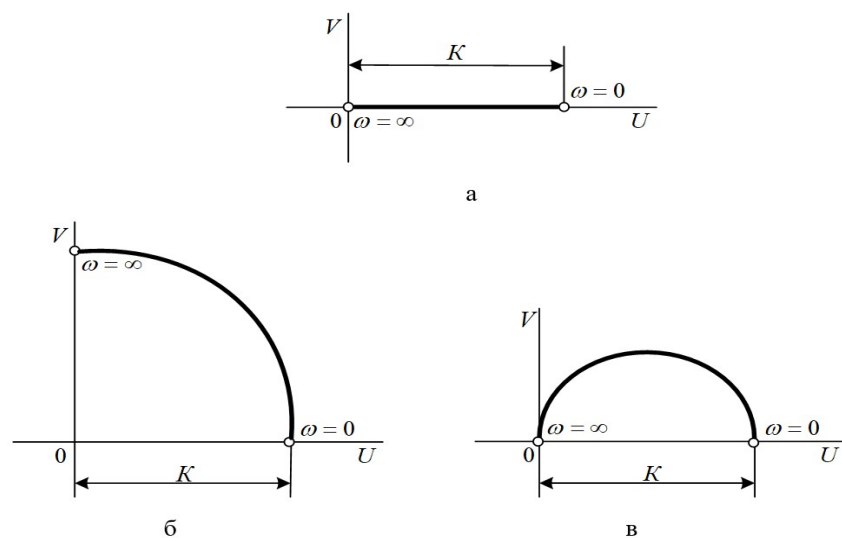


Рисунок 1 - Изображение желаемых амплитудно-фазовых характеристик корректирующего устройства.

а - подавление усиления при росте частоты без отклонения фазы

б - нарастание фазового опережения при росте частоты без колебания усиления

в - падение усиления, которое сопровождается повышением фазового

опережения с ростом частоты.

Установившаяся реакция нелинейного звена на входной синусоидоподобный сигнал

$$x = A \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

(вынужденные колебания) обычно имеют несинусоидоподобную форму

$$y = F(x) \quad (2)$$

Аппроксимативное понятие вынужденных колебаний, а именно регистрация лишь базовой синусоиды (далее первой гармоники) в случае разложения в ряд Фурье, равнозначно гармонической линеаризации нелинейности. Руководствуясь сказанным выше, существует возможность применить созданный для линейных систем частотный аппарат с целью нахождения первой гармоники вынужденных колебаний величины (2)

Рассмотрим эквивалентный целостный коэффициент усиления или эквивалентную АФХ нелинейного звена

$$J(A, \omega) = a(A, \omega) + j \cdot b(A, \omega) \quad (3)$$

Где $a(A, \omega)$ и $b(A, \omega)$ - зависящие от амплитуды и частоты входного сигнала коэффициенты гармонической линеаризации.

Формулу (3) также можно представить в виде:

$$J(A, \omega) = q(A, \omega)e^{j\mu(A, \omega)} \quad (4)$$

Где $q(A, \omega)$ - эквивалентная амплитудная характеристика нелинейного звена

$$q(A, \omega) = \sqrt{[a(A, \omega)]^2 + [b(A, \omega)]^2} \quad (5)$$

$\mu(A, \omega)$ - эквивалентная фазовая характеристика нелинейного звена.

$$\mu(A, \omega) = \arctg \frac{b(A, \omega)}{a(A, \omega)} \quad (6)$$

Нелинейный фильтр с амплитудным ослаблением. Нелинейный фильтр, который допускает получение падения амплитуды при росте частоты без отклонения фазы (рис., а), может быть выполнен по схеме, показанной на рисунке 2.

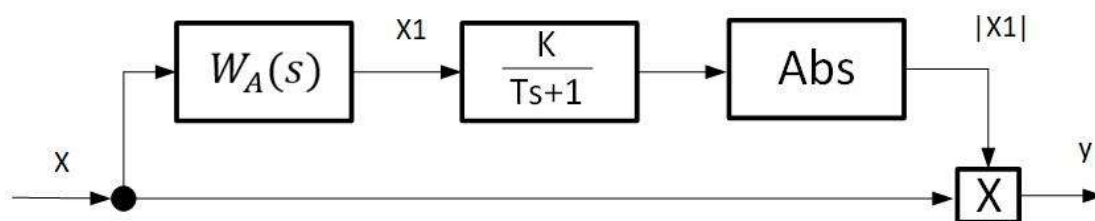


Рисунок 2 -схема нелинейного фильтра с амплитудным подавлением

Форма сигналов в характерных точках фильтра показана на рисунке 3.

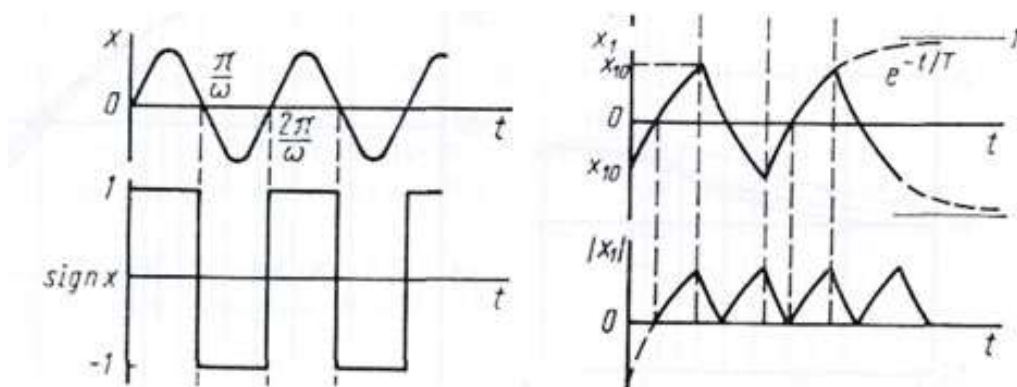


Рисунок 3 - Форма сигналов в характерных точках нелинейного фильтра с амплитудным подавлением в случае синусоидоподобного входящего сигнала

Таким образом, через анализ можем считать сигнал на выходе блока сигнатуры синусоидальным, то, произведя вычисления, аналогичные проделанным выше, получим следующие упрощенные формулы для a и b .

$$a = \frac{k \cdot 8}{\pi^2 \sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \left(1 + \frac{1}{3} \cos 2\theta\right) \quad (7)$$

$$b = \frac{k \cdot 8}{\pi^2 \sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \left(\frac{1}{3} \sin 2\theta\right) \quad (8)$$

Где $\theta = -\arctg(\omega T)$

Логарифмические частотные характеристики фильтра $[q(\omega)]$ и $[\mu(\omega)]$ при вычислении a и b .

Частотные характеристики корректирующего устройства при различных значениях параметра T амплитудного канала вычисляются по уже известным формулам (7) и (8), после того как найдены коэффициенты гармонической линеаризации.

Логарифмическая амплитудная характеристика определяется по формуле:

$$L(\omega) = 20 \cdot \log \sqrt{a^2 + b^2} = 20 \cdot \log A(\omega). \quad (9)$$

В программном пакете MathCad были построены семейства ЛАЧХ и ФЧХ при значениях параметра T амплитудного канала $T = 0 \dots 10$ корректирующего устройства и при постоянном значении коэффициент K .

$$T = [0, 0.01, 0.1, 0.5, 0.8, 1, 2, 4, 6, 8, 10] \quad K=1$$

Коэффициенты гармонической линеаризации и графики ЛАЧХ и ФЧХ с амплитудным подавлением показаны на рисунке 4, 5.

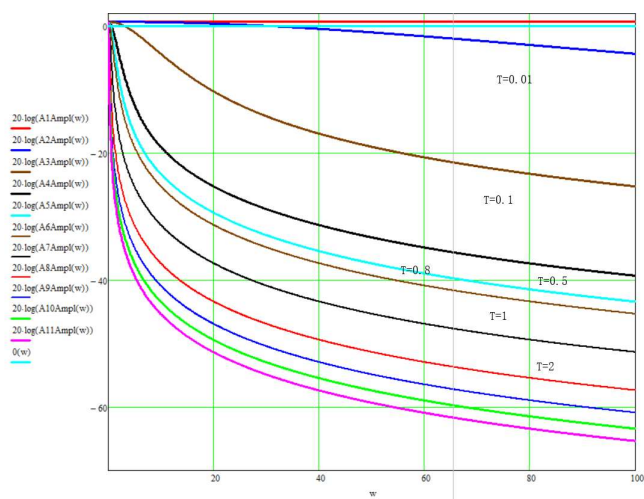


Рисунок 4 – Семейство ЛАЧХ КУ с амплитудным подавлением
при разных значениях параметра T

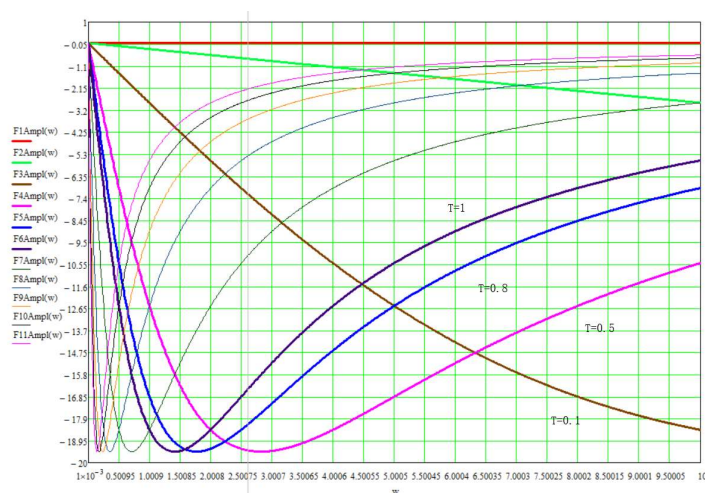


Рисунок 5 - Семейство ФЧХ КУ с амплитудным подавлением
при разных значениях параметра T

2.ОСНОВЫ ТЕОРИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Нечеткое управление по существу является своего рода нелинейным управлением и относится к категории интеллектуального управления. Одной из характеристик нечеткого контроля является то, что существуют как систематическая теория, так и большое количество практических приложений.

2.1 Структура Нечеткого Регулятора

Нечеткий регулятор системы управления состоит из пяти основных частей: определение переменных, фаззификации, базы знаний, логических суждений и дефаззификация.

Обобщенная структура нечеткой логики состоит из пяти основных частей: определение переменных, фаззификация, базы знаний, логические суждения и дефаззификация:

6. Определение переменных

Например, в общей системе управления входная переменная имеет ошибку выхода E и частоту ошибок выхода EC , а нечеткое управление при этом принимает управляющую переменную как вход U следующего состояния. Среди них E , EC и U в совокупности называются нечеткими переменными.

7. Фаззификация

Входное значение преобразуется в значение множества U в соответствующей пропорции, лингвистическая переменная используется для описания процесса измерения физической величины, а относительная степень принадлежности значения определяется в соответствии с подходящим лингвистическим значением. Эта лингвистическая переменная называется нечетким подмножеством. (fuzzy subsets)

8. База знаний

База знаний содержит в себе две части: базу данных (data base) и базу правил (rule base), в которых база данных содержит соответствующие

определения для обработки нечетких данных, а база правил описывает цели и функции управления с помощью набора правил.

9. Логическое суждение

Имитируя нечеткую концепцию человеческого суждения, методы нечеткой логики и нечеткого вывода используются для выводов и получения нечетких управляющих сигналов. Эта часть является сущностью нечеткого контроллера.

10. Дефаззификация

Дефаззификация означает преобразование значения вывода в четкий управляющий сигнал в качестве входного значения системы.

Обобщенная структура нечеткой логики представлено на рисунке 6.

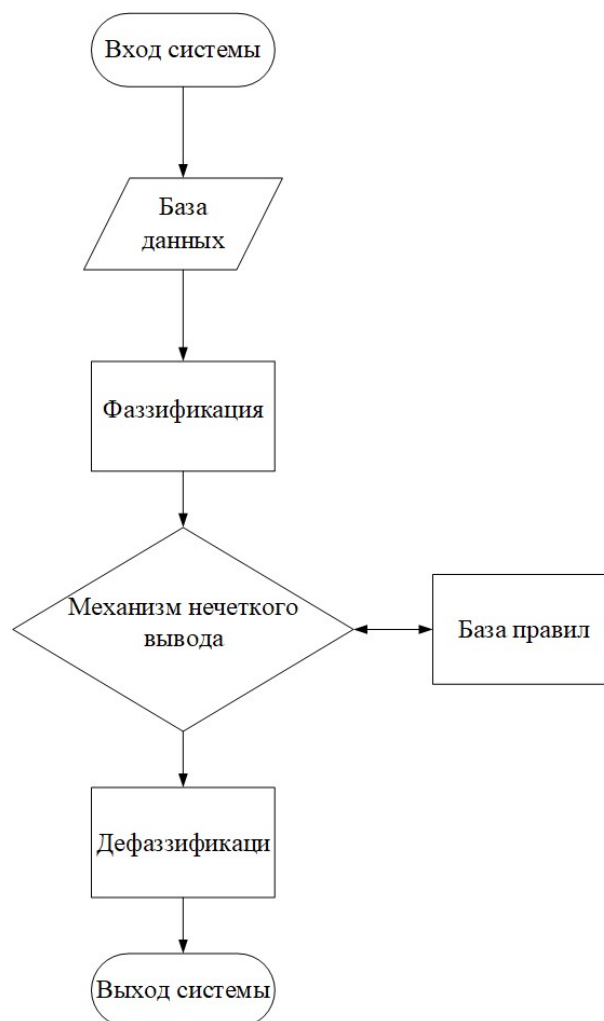


Рисунок 6 - структура нечеткой логики

База правил является ядром нечеткого контроллера, его правильность напрямую влияет на производительность контроллера. Количество правил также является важным фактором для измерения производительности контроллера.

Преимущества:

1. Нет необходимости знать математическую модель управляемого объекта;
2. Соответствие с характеристиками деятельности мозга человека: нечеткость (высококачественный словарь с высоким средним и низким уровнем качества и т. д.) и эмпирическое (нечеткое управление ядра — это база правил нечеткой логики, где рассуждения основаны на человеческом опыте);
3. Легкость построения (одночиповый микрокомпьютер, промышленный компьютер, специальный чип нечеткого управления и т. д.);
4. Надежность (применима к управлению линейными и нелинейными системами с неопределенными или флуктуирующими параметрами модели).

Недостатки:

1. Конструкция нечеткого управления по-прежнему не является систематической, поэтому возникают трудности при контроле сложных систем. Трудно установить систему теории нечеткого управления для решения ряда задач, таких как механизм нечеткого управления, анализ устойчивости и систематические методы проектирования;
2. Неизвестно как получить нечеткие правила и функции принадлежности, т. к. методы проектирования системы, полностью основаны на опыте;

3. Простая нечеткая обработка информации приведет к снижению точности управления и ухудшению динамического качества системы. Чтобы повысить точность, необходимо увеличить количество этапов количественной оценки, что приведет к увеличению объема поисков правил, уменьшению скорости принятия решений и даже невозможности выполнения контроля в реальном времени.

2.2 Общие Алгоритм Нечеткого Регулятора

Алгоритм Mamdani

Алгоритм Мамдани подходит рассматриваемому примеру из рисунка 7. В такой ситуации алгоритм в математическом виде описывается следующим образом.

Первый этап называется нечеткостью: для этого выводится степени истинности для соответствующих предпосылок каждого правила: $A_1(x_0)$, $A_2(x_0)$, $B_1(y_0)$, $B_2(y_0)$.

На втором этапе, то есть при нечетком выводе: проводится процесс нахождения уровни отсечения для соответствующих предпосылок каждого из правил (с применением логической операции МИНИМУМ)

$$\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0) \quad (10)$$

$$\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0) \quad (11)$$

где « \wedge » обозначает операцию логического минимума (min), после чего проводится нахождение усеченных функций принадлежности:

$$C_1(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)) \quad (12)$$

$$C_2(z) = (\alpha_2 \wedge C_2(z)) \quad (13)$$

На третьем этапе композиции с применением логической операции МАКСИМУМ (max, обозначается как $\ll V \gg$) объединяются найденные усеченные функции. Это приводит к выводу конечного итогового нечеткого подмножества для выходной переменной, которая имеет функцию принадлежности:

$$\mu_{\Sigma}(z) = C(z) = C_1(z) \vee C_2(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(z)) \quad (14)$$

На последнем этапе для нахождения выходного z_0 , приведенного к четкости проводится центроидный метод.

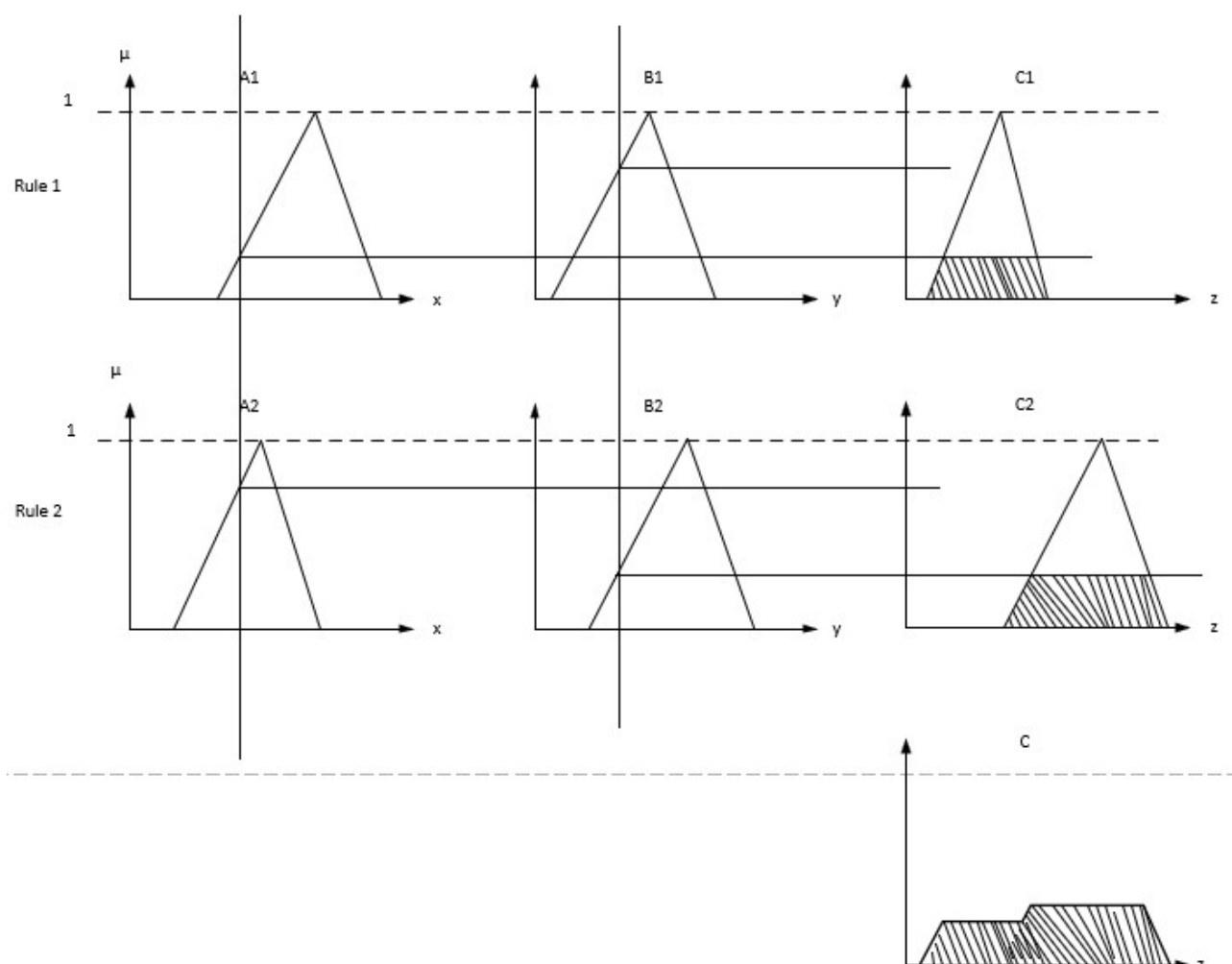


Рисунок 2.7 – Иллюстрации алгоритма Mamdani

Алгоритм Сугено (Sugeno)

Алгоритмы Сугено используют следующий набор правил:

$$\text{П1: если } x \text{ есть } A_1 \text{ и } y \text{ есть } B_1, \text{ тогда, } z_1 = a_1 \cdot x + b_1 \cdot y \quad (15)$$

$$\text{П2: если } x \text{ есть } A_2 \text{ и } y \text{ есть } B_2, \text{ тогда, } z_2 = a_2 \cdot x + b_2 \cdot y \quad (16)$$

Представление алгоритма Сугено:

Первый этап которого проводится как в алгоритме Мамдани.

На втором этапе производится нахождение $\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0)$,
 $\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0)$ и соответственно отдельные выходы правил:

$$z_1^* = a_1 \cdot x + b_1 \cdot y \quad (17)$$

$$z_2^* = a_2 \cdot x + b_2 \cdot y \quad (18)$$

На третьем этапе вычисляется четкое числовое значение выходной переменной вывода:

$$z_0 = \frac{a_1 \cdot z_1^* + a_2 \cdot z_2^*}{a_1 + a_2} \quad (19)$$

Данный алгоритм иллюстрируется на рисунке 2.10.

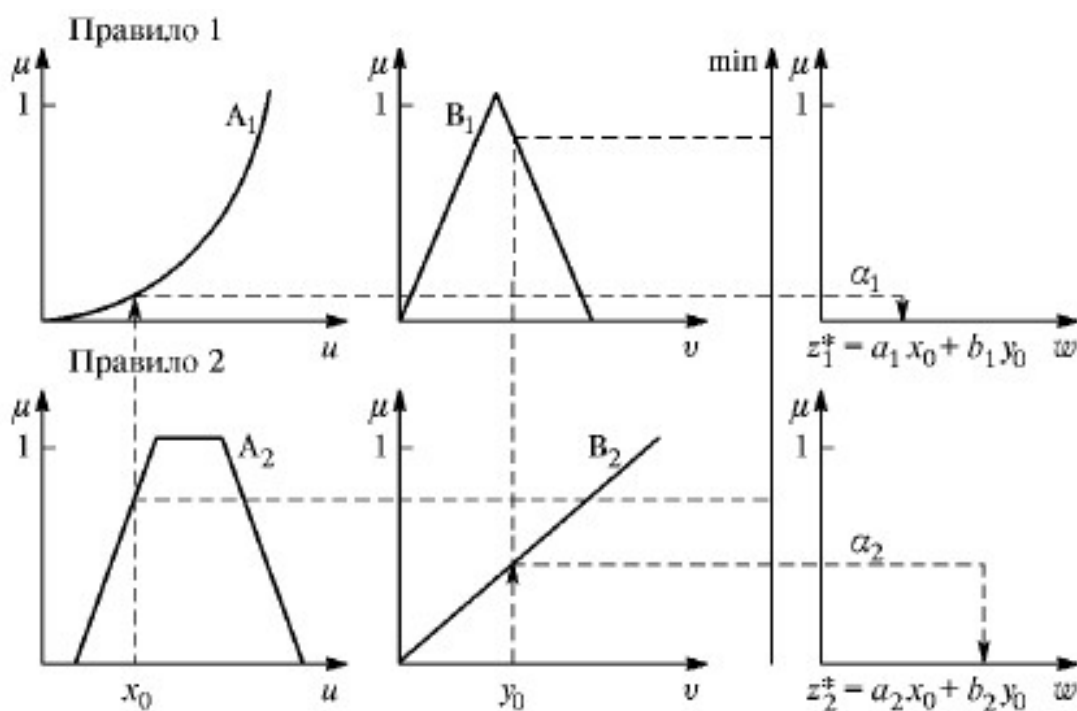


Рисунок 8 – Иллюстрации алгоритма Сугено

3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С НЕЧЕТКИМ КОРРЕТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ В СРЕДЕ MATLAB

Математические модели обычно выражаются в математических уравнениях. Обычно используемые формы описания включают дифференциальные уравнения, передаточные функции, разностные уравнения и т.д.

Общее выражение дифференциального уравнения эталонной модели:

$$y^{(n)}(t) + a_{n-1}y^{(n-1)}(t) + \dots + a_1y'(t) + a_0y(t) = b_mx^{(m)}(t) + \dots + b_1x'(t) + b_0x(t) \quad (20)$$

Где $y(t)$ – значение входа

$X(t)$ – значение выхода

Порядок вывода обычно не меньше порядка ввода ($n \geq m$)

В данной работе используется объект второго порядка, общие передаточные функции которого представлены ниже:

Рассмотрим систему с объектом управления (ОУ) второго порядка, вид которой приведен на рисунке 9:

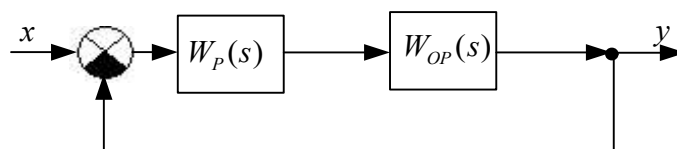


Рисунок 9 – Схема системы с ОУ второго порядка

Передаточная функция объекта управления

$$W_{OP}(s) = \frac{k_O}{T_{O1}s^2 + T_{O2}s + 1} \quad (20)$$

Передаточная функция регулятора

$$W_p(s) = k_{PEG} \cdot \left(k_{II} + \frac{1}{T_{II}s} + \frac{k_D T_D s}{T_D s + 1} \right), \quad (21)$$

где $k_{PEG} = k_{II}$, $T_{II} = \frac{k_{PEG}}{k_{II}}$, $T_D = \frac{k_D}{k_{PEG}}$.

В программном пакете MATLAB структурная схема системы автоматического регулирования, состоящей из ПИД-регулятора и объекта управления второго порядка, выглядит следующим образом (рисунок 10):

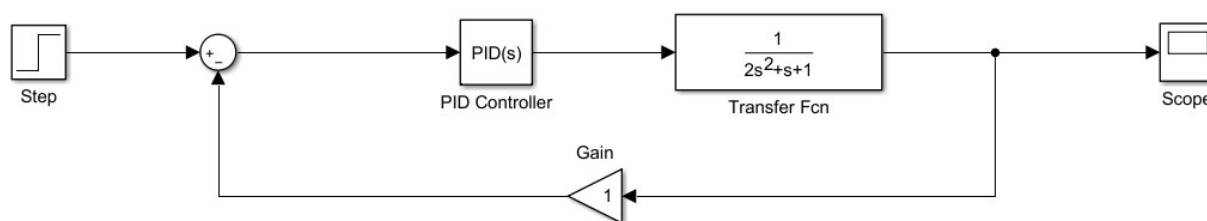


Рисунок 10 – Структурная схема САУ в MATLAB

Зададим параметры ПИД-регулятора таким образом, чтобы система была устойчивой:

Source:	internal	<input type="checkbox"/> Compensator formul
Proportional (P):	0.593425488491769	
Integral (I):	0.333822945815175	
Derivative (D):	0	
Filter coefficient (N):	100	
Tune...		

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

Рисунок 11 – Блок настройки параметров ПИД-регулятора

График переходной характеристики:

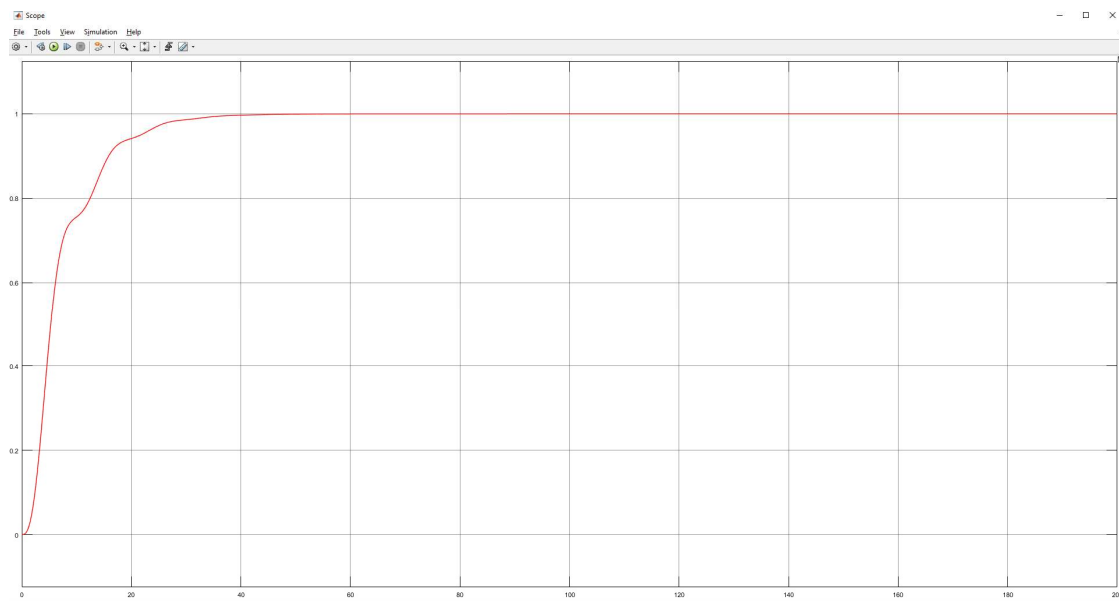


Рисунок 12 – Кривая переходной характеристики САР

Следующим шагом являлось сборка структурной схемы САР с КУ, которая представлена на рисунке 13.

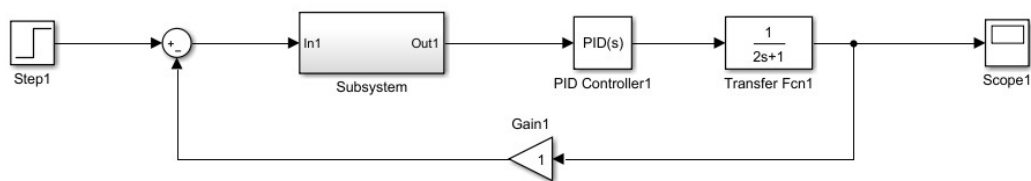


Рисунок 13 – Структурная схема САР с КУ

На рисунке 14 подробно представлена Subsystem (структура КУ с амплитудным подавлением):

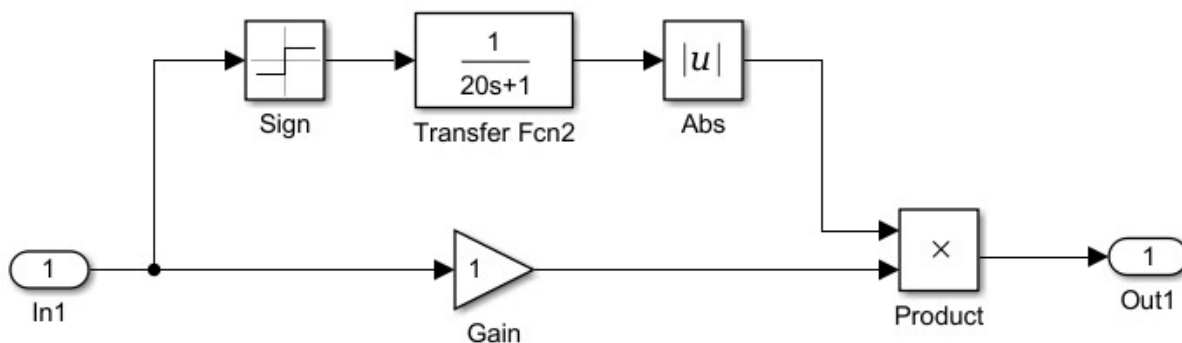


Рисунок 14 - Структура КУ с амплитудным подавлением

Далее проводился анализ влияния изменения T на выходной сигнал, без изменения коэффициента передачи k .

$$T = [0.1, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100] \quad k=1$$

График выходного сигнала проводимого анализа представлен на рисунке

15.

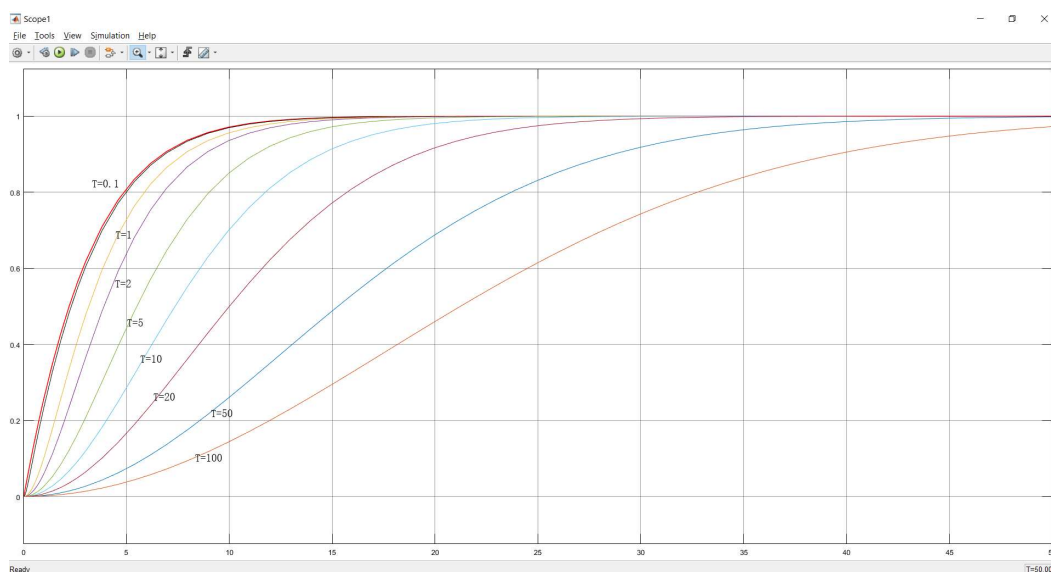


Рисунок 15 – График анализа влияния изменения T на выходной сигнал, без изменения коэффициента передачи k .

В результате анализа было выявлено, что чем больше коэффициенты Т САУ с амплитудным корректирующим устройством, тем меньше перерегулирование, а время регулирования больше.

Ниже приведен случай переходных процессов системы с постоянными значениями параметра T при фиксированном значении параметра k без КУ и с использованием КУ.

Допустим параметр объекта $k = 1$, и $T = 20$.

В программном пакете MATLAB структурная схема системы автоматического регулирования, состоящей из ПИД-регулятора и объекта управления второго порядка, модели которых без КУ и с использованием КУ выглядят следующим образом (рисунок 16):

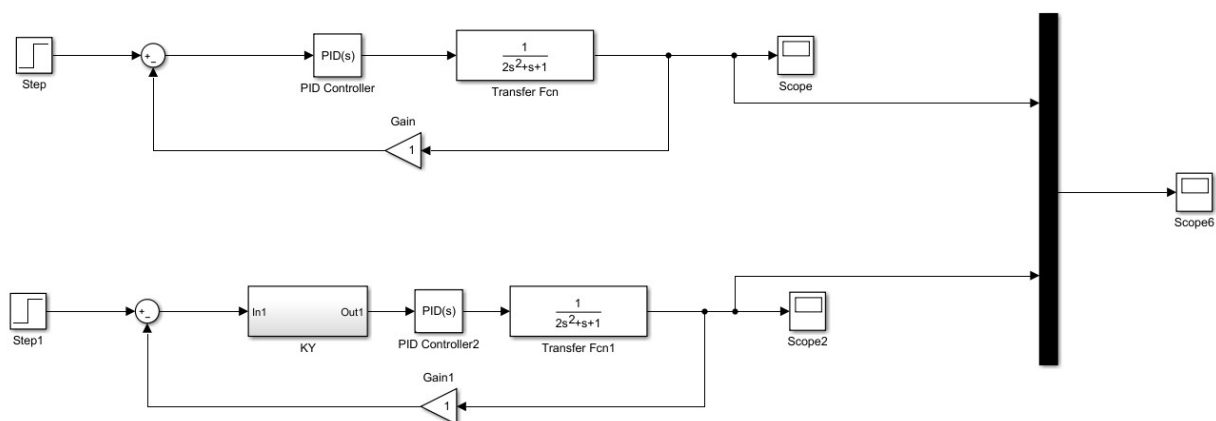


Рисунок 16 – Структурная схема САУ без КУ и с использованием КУ в

MATLAB

$$\text{При } W_{op}(s) = \frac{1}{2s^2 + s + 1}$$

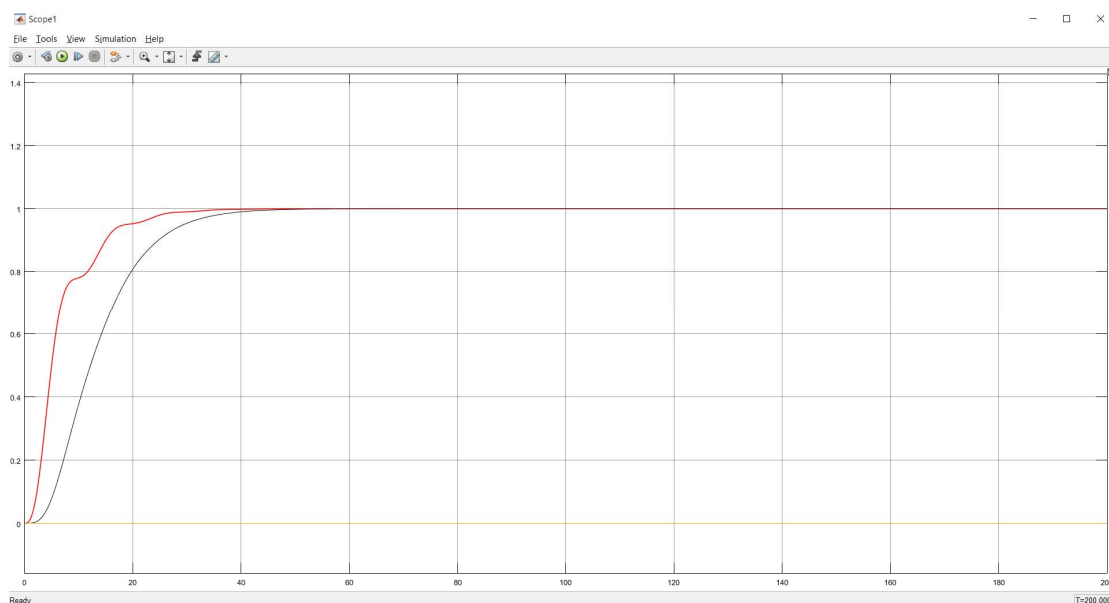


Рисунок 17 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) =$

$$\frac{1}{2*s^2+s+1}: \text{кривые без КУ и с использованием КУ}$$

При $W_{op}(s) = \frac{1}{10*s^2+6s+1}$

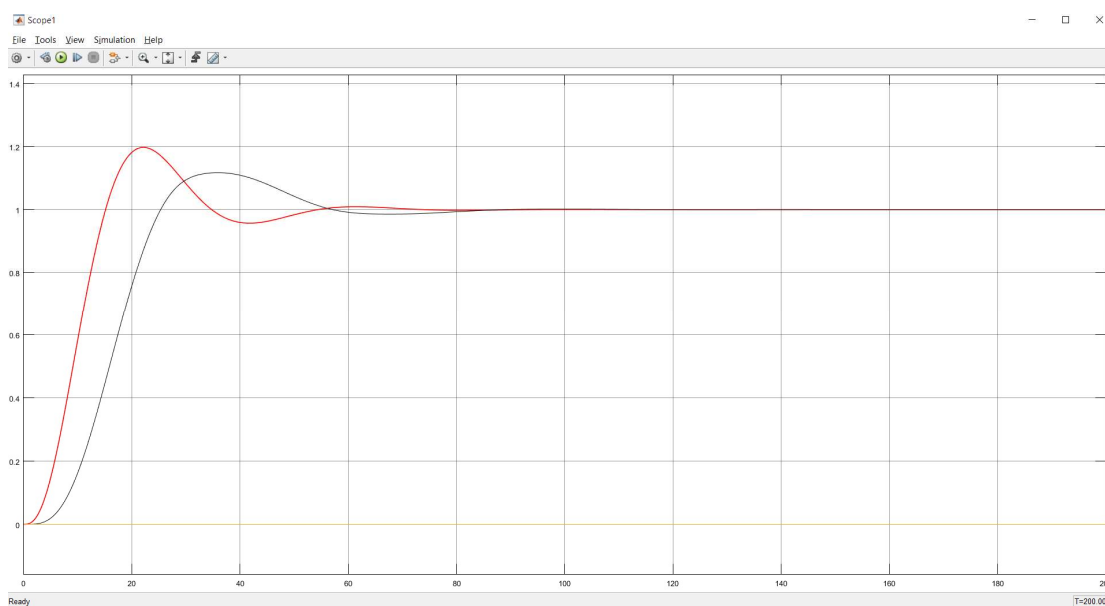


Рисунок 18 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) =$

$$\frac{1}{10*s^2+6s+1}: \text{кривые без КУ и с использованием КУ}$$

Под Fuzzy Logic Toolbox понимается пакет расширения MATLAB, который содержит инструменты проектирования систем нечеткой логики. Возможность

пакета состоит в создании экспертных систем, базирующихся на нечеткой логике, проведении кластеризации нечеткими алгоритмами, а также проектировании нечетких нейросетей. Пакет включает в себя графический интерфейс для поэтапного проектирования нечетких систем, функции командной строки для разработки программ, и вдобавок специальные блоки для реализации систем нечеткой логики в Simulink.

Matlab Fuzzy Control Toolbox предоставляет очень удобный способ для разработки нечеткого контроллера. Благодаря этому нам не нужно выполнять сложные операции фаззификации, нечеткого вывода и дефаззификации, и нужно только установить соответствующие параметры, что помогает быстро получить нужный нам контроллер, а также легко его изменить.

Прежде всего, в командном окне Matlab необходимо ввести команду “fuzzy”, после которой выпадает окно, представленное на рисунке 19.

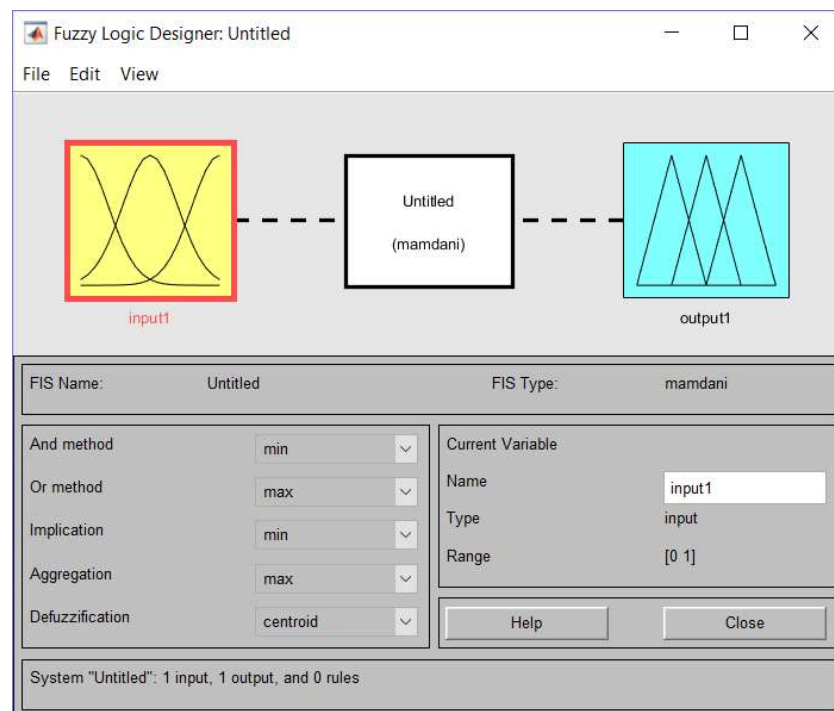


Рисунок 19 – Окно Fuzzy Control Toolbox

В этом окне можно спроектировать нечеткий контроллер.

Для разработки нечеткого контроллера необходимо для начала определить структуру нечеткого контроллера, т. е. определить входные и выходные значения в соответствии с конкретной системой.

В этом окне можно выбрать стандартную двумерную структуру управления, то есть входной сигнал — это ошибка e и изменение ошибки ec , а выход - контрольная величина u . Здесь переменные также являются точными величинами. Соответствующими нечеткими величинами являются E , EC и U . Для реализации структуры управления с двойным входом необходимо выбрать Add Variable (рис. 20, рис. 21).

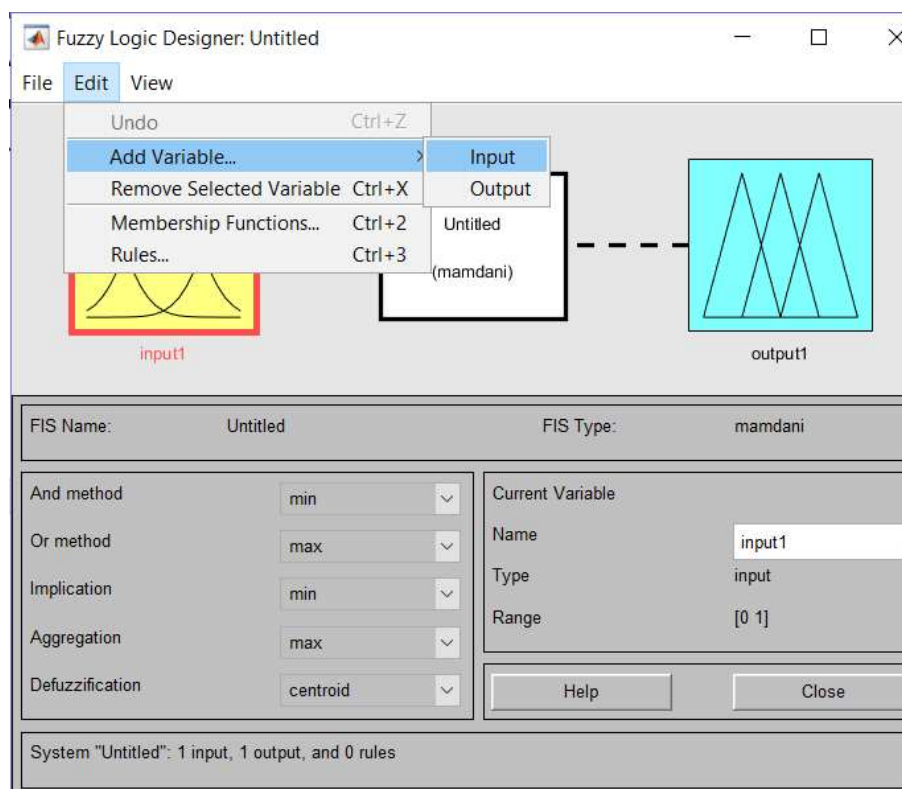


Рисунок 20 – Окно выбора Add Variable

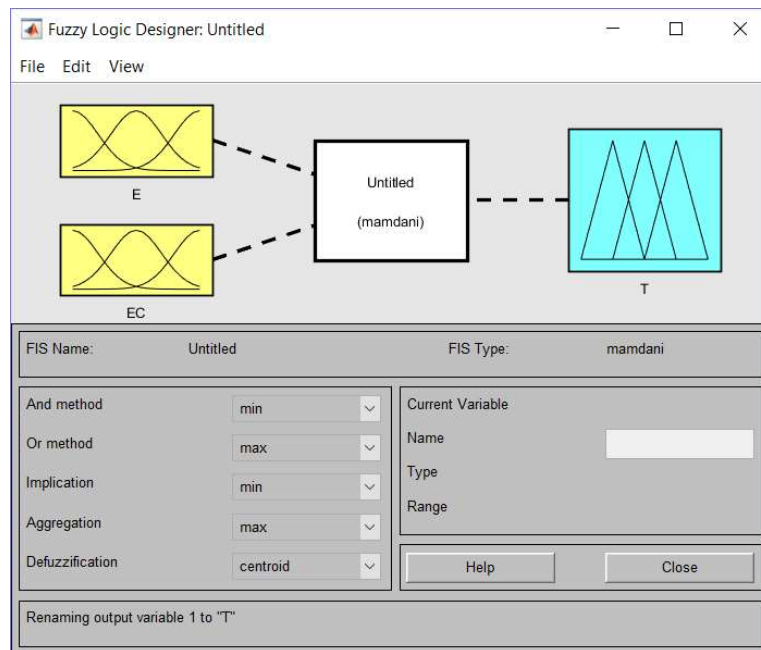


Рисунок 21 - Окно реализации структуры управления с двойным входом

Фаззификация входных и выходных переменных, то есть точное количество ввода и вывода преобразуется в нечеткий набор соответствующих лингвистических переменных.

Для начала нужно определить нечеткие подмножества, которые описывают значения входных и выходных переменных языка, такие как $\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}$ и задают область входных и выходных переменных, а затем выбираются подходящие для нечетких лингвистических переменных функции принадлежности.

В Fuzzy Control Toolbox есть возможность выполнить эти шаги в Редактировании функции принадлежности. Сначала открывается окно редактирования функции принадлежности. (рис.22, рис.23)

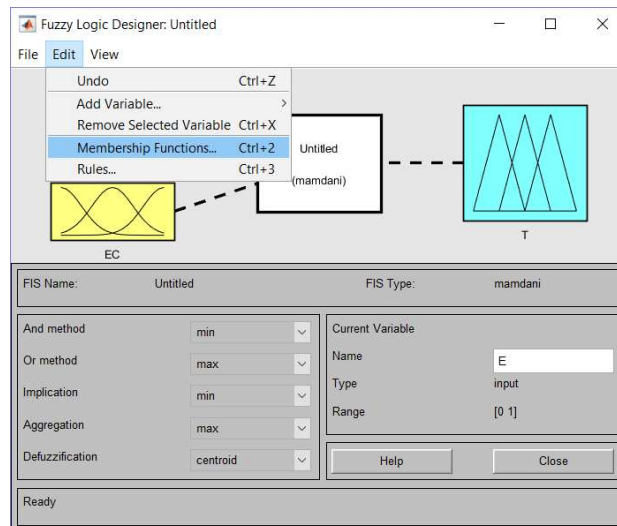


Рисунок 22 - Способ открытия окна редактирования функции принадлежности

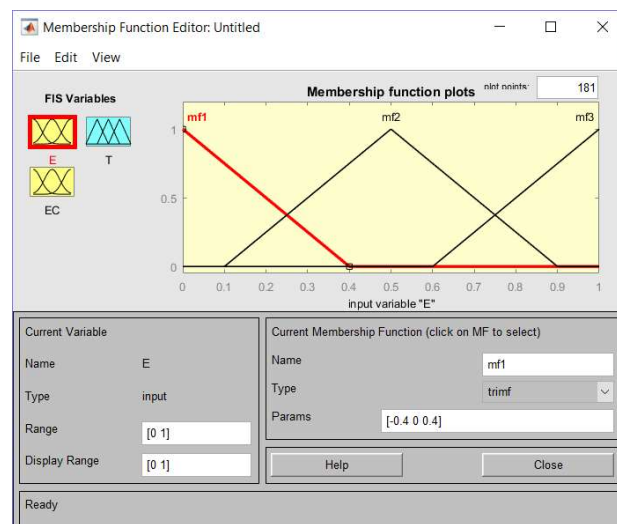


Рисунок 23 – Окно редактирования функции принадлежности

Затем определяется область входных и выходных переменных и добавляется функция принадлежности.(рис.24)

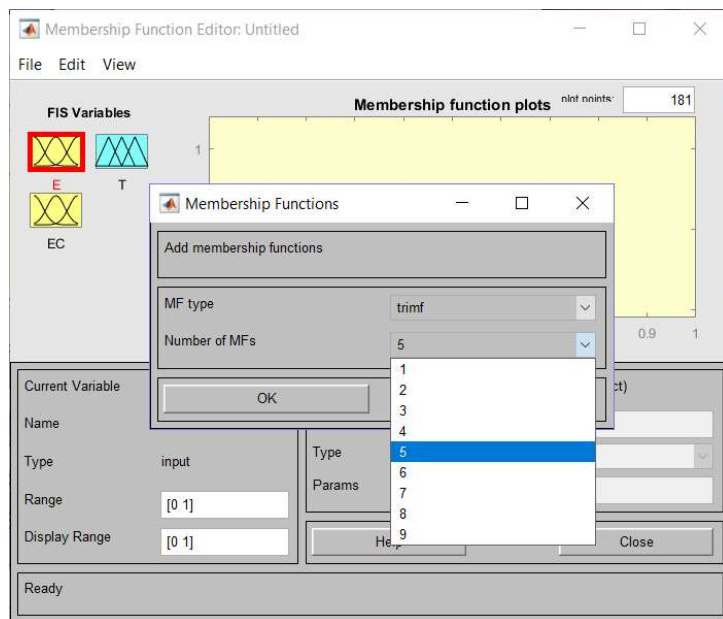


Рисунок 24 – Окно редактирования области входных и выходных переменных

Затем изменяются функции принадлежности в соответствии с требованиями, включая соответствующие лингвистические переменные и типы функций. (рис.25)

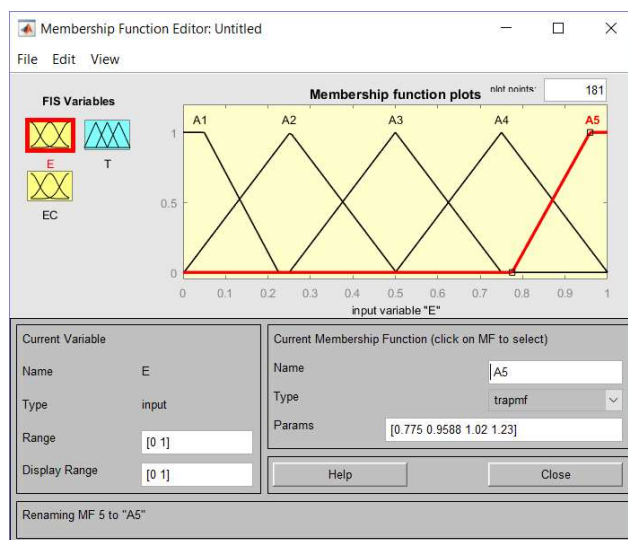


Рисунок 25 – Окно редактирования функций принадлежности.

Разработка алгоритма решения нечеткого вывода:

Для двумерной структуры управления и соответствующего входного

нечеткого множества было разработано 20 правил нечеткого управления. (рис.26, рис.27)

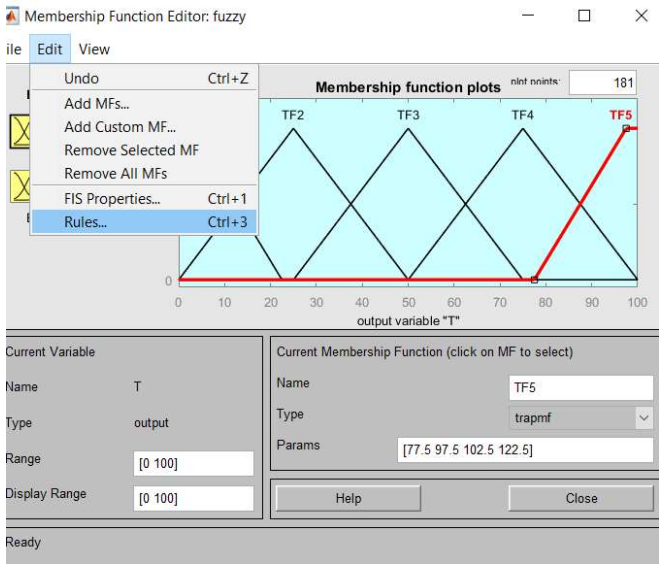


Рисунок 26 – Окно выбора Базы Правил

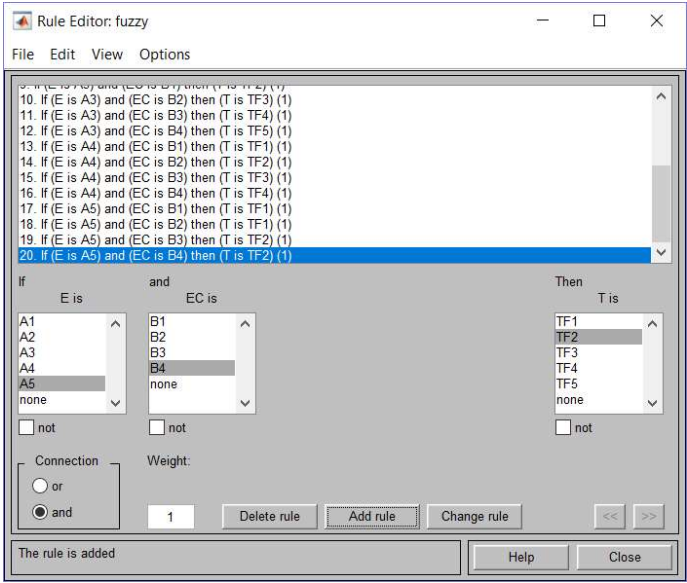


Рисунок 27 – Окно разработки 20 правил нечеткого управления

По завершении составления правил сформирована матрица правил нечеткого управления, а затем завершено вычисление в соответствии с алгоритмом нечеткого вывода с количеством нечетких входных сигналов, и определено количество нечетких выходных данных.

4. Дефаззификация выходного нечеткого значения представляет собой выход нечеткого контроллера - это нечеткое множество. Метод дефаззификации определяет точное количество. Для многих нечетких методов мы выбираем здесь метод центра тяжести. (рис.28)

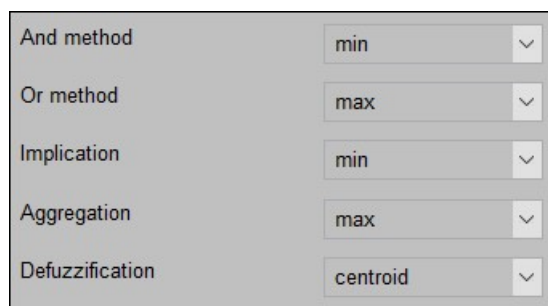


Рисунок 28 – Окно выбора метода центра тяжести

5. Затем в Export to disk можно получить файл .fis, являющийся созданным нечетким контроллером.

Далее создана модель САР КУ с нечеткой логикой, представленная на рисунке 29.

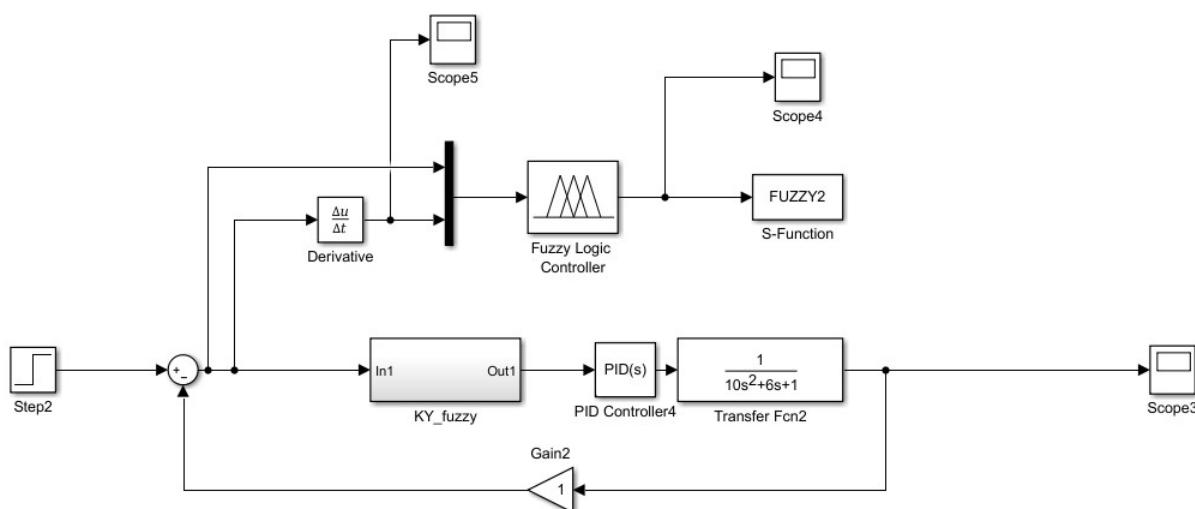


Рисунок 29 – Структурная схема САР КУ с нечеткой логикой

Задачи s-function, которая изменяет параметры Т корректирующего устройства с нечеткой логикой, представлены в ПРИЛОЖЕНИИ А.

Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{10*s^2+6s+1}$: кривые без КУ, с использованием КУ постоянных переменных и с нечеткой логикой представлены на рисунке 30.

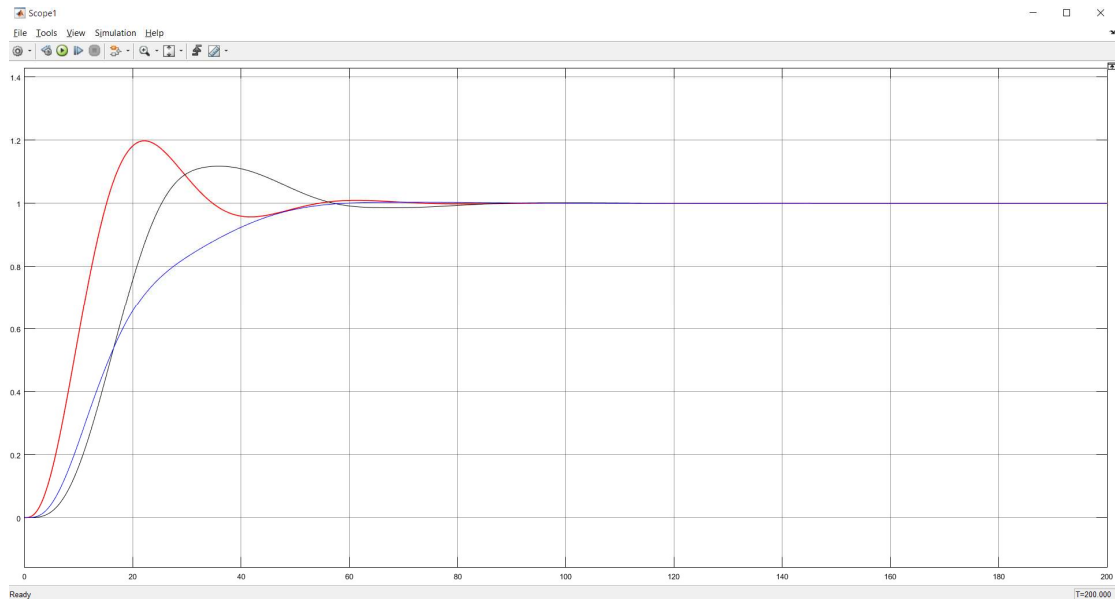


Рисунок 30 – Кривые переходных процессов системы с ПФ $W_{op}(s) = \frac{1}{10*s^2+6s+1}$: кривые без КУ, с использованием КУ постоянных переменных и с нечеткой логикой

Таким образом, в случае применения корректирующего устройства с нечеткой логикой – качество переходного процесса является лучшим чем без КУ.

4. СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА И ПРОГРАММА РЕАЛИЗАЦИИ

SIMATIC S7-400 представляет собой модульный программируемый контроллер, который предназначен для реализации систем автоматизации средней и высокой степени сложности.

4.1 Структурная Схема Лабораторного Стенда

На рисунке 15 представлена структурная схема лабораторного стенда, позволяющая исследовать контроллер контролера SIMATIC S7 – 400. В данный лабораторный комплекс входят следующие модули контроллера: блок питания PS 407 4A, центральный процессор CPU 414 – 2, коммуникационный модуль CP 443–1 для организации последовательной передачи данных по Ethernet интерфейсу, модуль ввода аналогового сигнала AI 16x13Bit, модуль ввода дискретного сигнала DI 32xDC24V, модуль вывода дискретный сигнала DO16xDC24V/2A, а также 3 блока реле, АВК (аналогового – вычислительный комплекс) для создания математической модели САУ. Также на схеме присутствует сигнальное табло с тремя лампочками, кнопочное табло с тремя кнопками для дискретного ввода/вывода.

Стенд предназначен для разработки информационно – управляющих программ и проверки их работоспособности.

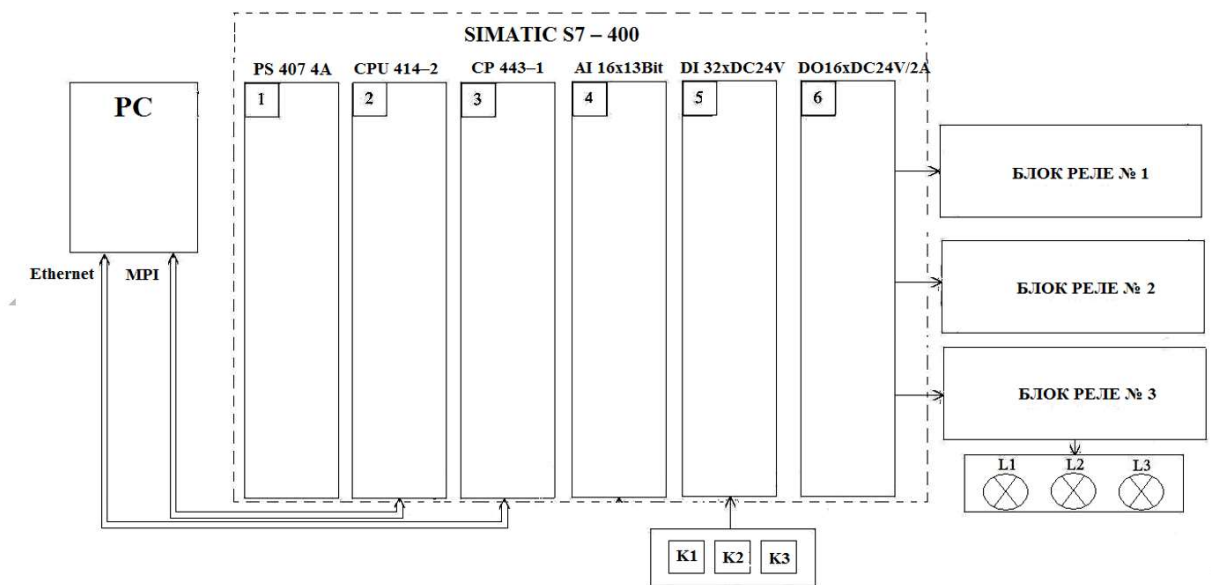


Рисунок 31 – Структурная схема лабораторного стенда контроллера S7 - 400

4.2 Программа Реализации, Мониторинга И Симуляции Системы Автоматического Управления С Амплитудным Корректирующим Устройством На Языке Программирования FBD В Пакете STEP 7, PLCSIM И Wincc.

STEP 7 - это программное обеспечение для программирования, используемый для промышленных продуктов управления Siemens, включая SIMATIC S7, M7, C7 и компьютерное программное обеспечение WinCC, мониторинга и настройки параметров, является важной частью промышленного программного обеспечения SIMATIC.

STEP 7 имеет следующие функции: конфигурация оборудования и параметры, конфигурация связи, программирование, тестирование, запуск и обслуживание, архивирование файлов, работа и диагностические функции.

При помощи данной программы выполняется комплекс работ,

включающих создание и обслуживание систем автоматизации на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300 и Simatic S7-400 фирмы Siemens, работы по программированию контроллеров. Программируемый логический контроллер, ПЛК представляет собой микропроцессорное устройство, которое предназначено для управления технологическими процессами. Работа ПЛК базируется на обработке данных с модулей входов и последующей выдачей управляющих сигналов, которые обеспечиваются подключением исполнительных устройств. Главной утилитой Step 7 является Simatic Manager, который обеспечивает работу с проектом в целом. У Step 7 есть возможность производить конфигурирование программируемых логических контроллеров и сетей (утилиты HWConfig и NetPro). Процесс конфигурирования начинается с определения состава оборудования, разбиения на модули, установки способов подключения, определения используемых сетей, выбора настройки для используемых модулей. На завершающем этапе конфигурирования загружается выбранная конфигурация в оборудование, то есть осуществляется настройка оборудования. Утилиты конфигурирования могут позволить осуществить диагностику оборудования и обнаружить аппаратные ошибки.

Программирование контроллеров производится на трех языках:

LAD — язык релейно-контактной логики;

FBD — язык функциональных блочных диаграмм;

STL — язык списка инструкций.

4.2.1 Программа реализации ПИД-регулятор, КУ и ОУ на языке FBD в STEP 7.

Для реализации представленной САУ передаточные функции элементов были преобразованы в последовательность элементарных математических операций, легко реализуемых на языке FBD в STEP 7.

Передаточная функция регулятора:

$$W_P(s) = k_{PEГ} \cdot \left(k_{II} + \frac{1}{T_{II}s} + \frac{k_D T_D s}{T_D s + 1} \right), \quad (22)$$

где $k_{PEГ} = k_{II}$, $T_{II} = \frac{k_{PEГ}}{k_{II}}$, $T_D = \frac{k_D}{k_{PEГ}}$.

Дифференциальное звено регулятора в виде совокупности элементарных звеньев: $\frac{Kd \cdot s}{Td \cdot s + 1} = \frac{Kd}{Td} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{Td} \cdot \frac{1}{s}}$.

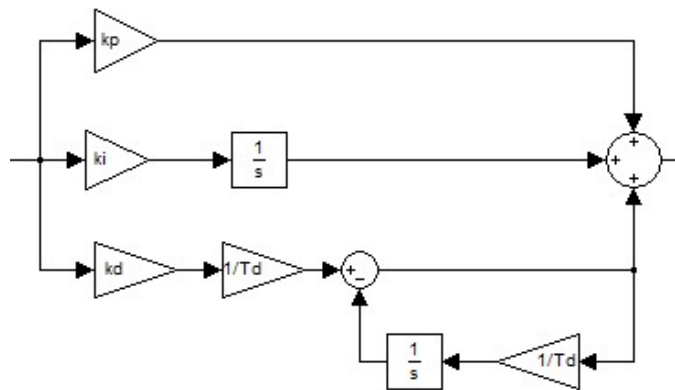


Рисунок 32 – Структура ПИД-регулятора в виде совокупности элементарных звеньев

Интегрирующий канал регулятора реализуется следующим образом:

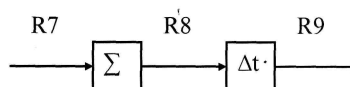


Рисунок 33 – Представление интегрирующего канала регулятора

Интегратор заменяется суммой с определенным шагом дискретизации. Шаг дискретизации примем равным 0.05 .

Передаточная функция ОУ (второго порядка)

преобразуется в последовательность элементарных математических операций следующим образом:

$$\frac{K_o}{T_1 s^2 + T_2 s + 1} = \frac{1}{s^2} \cdot \frac{K_o}{T_1 + \frac{T_2}{s} + \frac{1}{s^2}} = \frac{1}{s^2} \cdot K_o \cdot \frac{1}{T_1} \cdot \frac{1}{1 + T_2 \cdot \frac{1}{T_1} \cdot \frac{1}{s} + \frac{1}{T_1} \cdot \frac{1}{s^2}}$$

Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев будет выглядеть согласно рисунку 34:

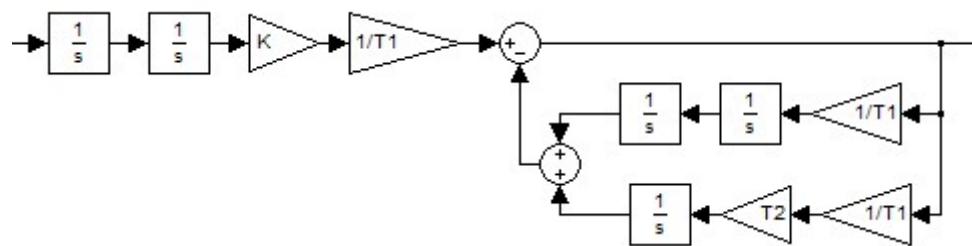


Рисунок 34 – Структурная схема ОУ в виде совокупности элементарных звеньев

- Передаточные функции амплитудного $W_A(s)$ каналов КУ преобразуем следующим образом:

$$W_A(s) = \frac{k}{T_2 s + 1} = \frac{k}{s} \cdot \frac{1}{T_2 + \frac{1}{s}} = \frac{k}{s} \cdot \frac{1}{T_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{T_2 s}} = k \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{T_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{T_2} \cdot \frac{1}{s}},$$

,

Таким образом, структурная схема КУ с амплитудным подавлением в виде совокупности элементарных функций представлена на рисунке 35:

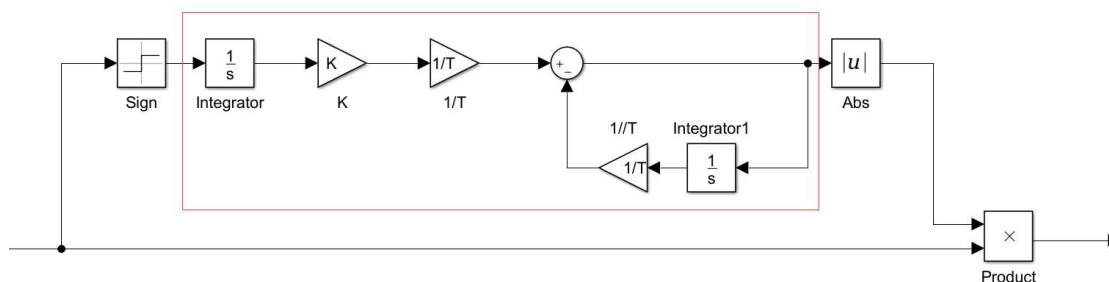


Рисунок 35 – Структурная схема КУ в виде совокупности элементарных звеньев

4.2.2 мониторинга и симуляции системы

Для мониторинга и симуляции необходимо открыть на рабочем столе программу в пакете STEP7 под названием “adapt”. За тем открыть програму п пакете WinCC под названием “korrest”. За тем перевести пакет STEP7 в режим симуляции инструментом Simulation.

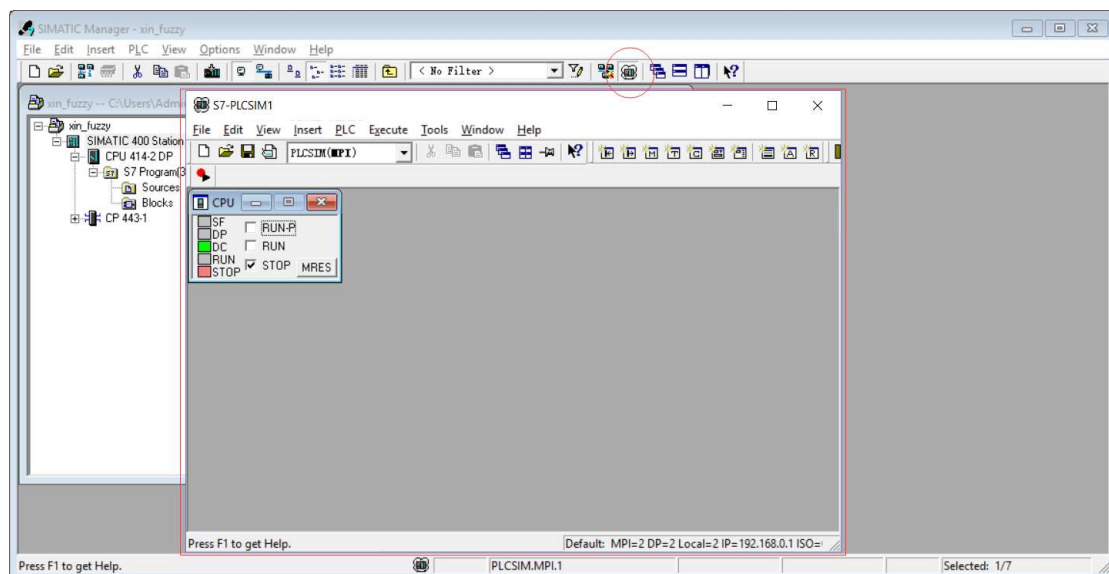


Рисунок 36 – Окно PLCSIM

Затем в меню ‘Options’ необходимо найти ‘SET PG/PC Interface’ интерфейс и выбрать PLCSIM.MPI

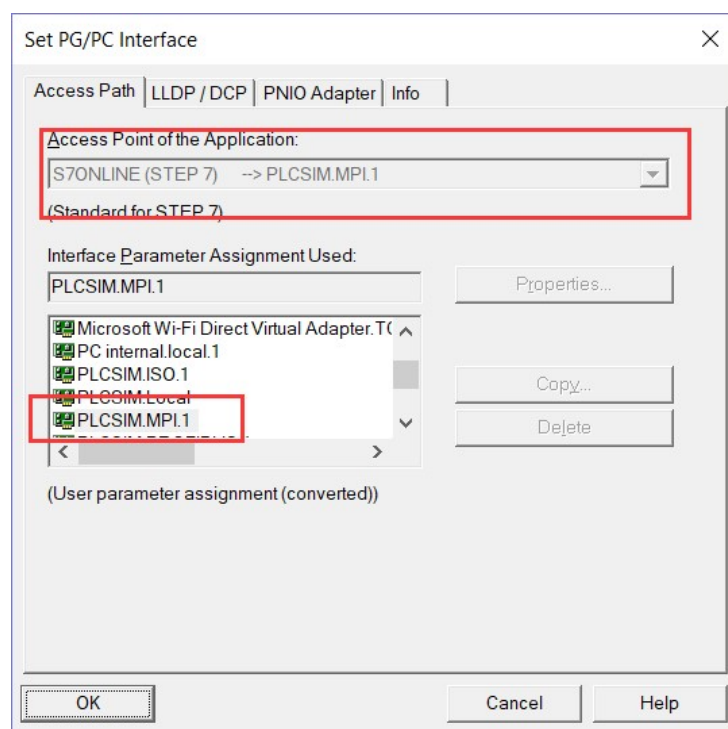


Рисунок 37 – Окно SET PG/PC Interface

Затем в пакете WinCC, и в Tag Management выбрать оборудование SIMATIC S7 Protocol Suite, далее в интерфейсе MPI создать параметры и группу. Нужно также внести соответствие значений MPI WinCC и PLCSIM, которое по умолчанию значение равно 2 (Slot Number).

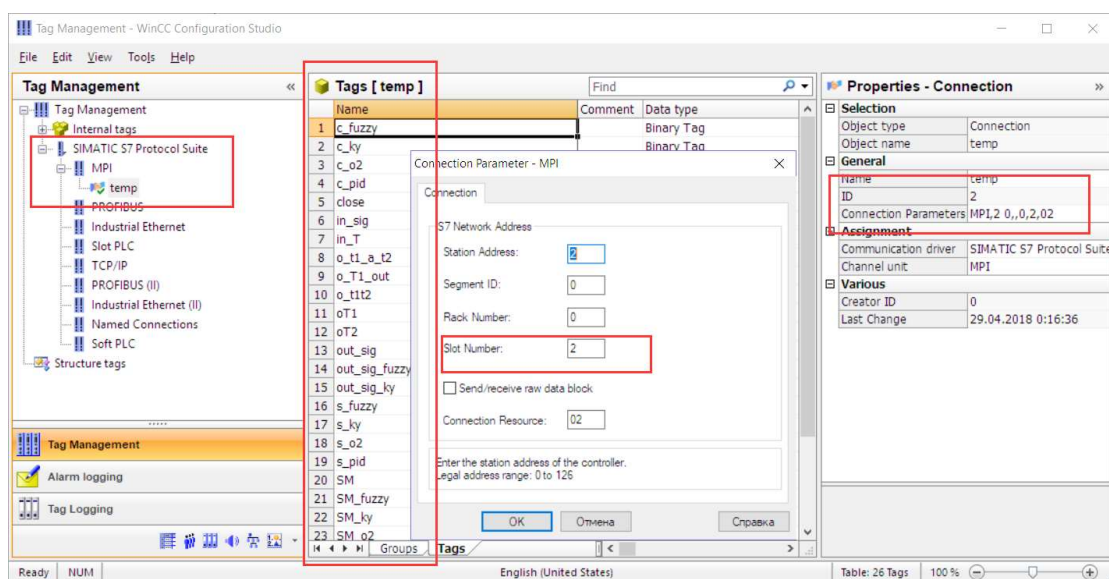


Рисунок 38 – Интерфейс Tag Management

Необходимо проверить работу системы без КУ с параметрами ОУ $K=1$, $T_1=2$, $T_2=1$. Параметры ОУ задаются в соответствующем элементе мнемосхемы.

Затем необходимо проверить работу системы с КУ.

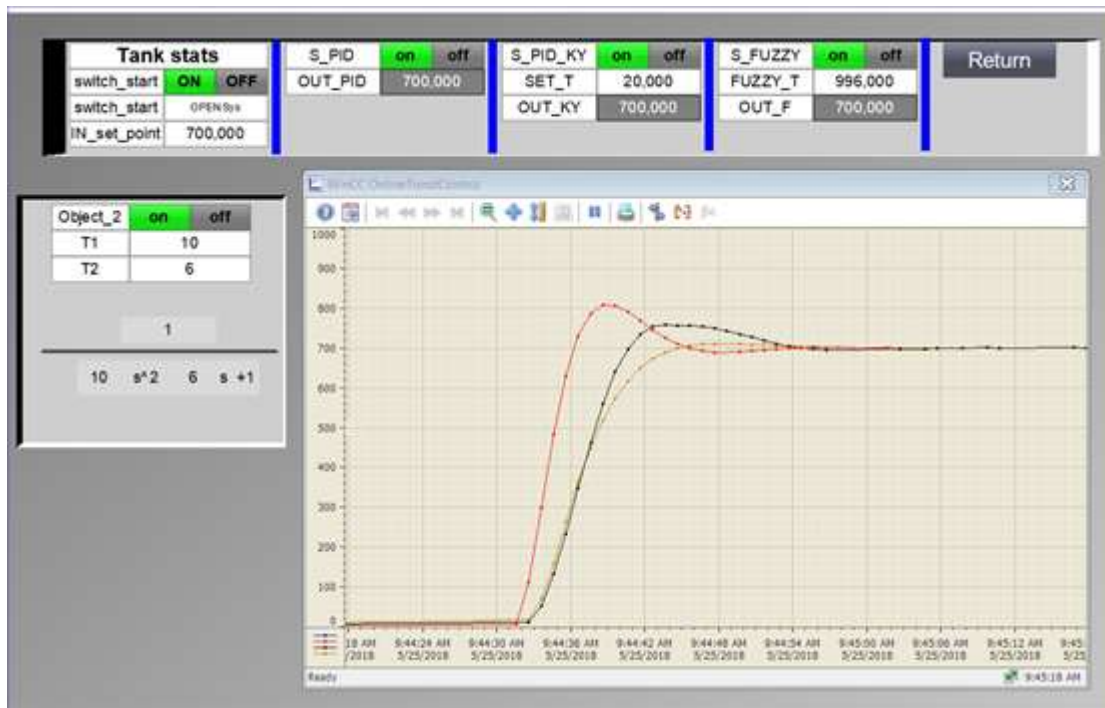


Рисунок 39 – Графики переходного процесса

5. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Выполнение лабораторной работы следует осуществлять по следующему алгоритму:

1. Проанализировать характеристики псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением
2. Разработать и исследовать свойства систем управления с нечетким корректирующим устройством амплитудного подавления в среде matlab

3. Реализовать и визуализировать системы автоматического управления с амплитудным корректирующим устройством на языке программирования FBD в пакете STEP 7, PLCSIM и Wincc.

Задание:

1. Согласно примеру, в программном пакете MathCad построить семейства ЛАЧХ и ФЧХ при постоянном значении параметра T амплитудного канала корректирующего устройства и при разных значениях коэффициента передачи K ;
2. В программном пакете MatLab разработать и исследовать свойства систем управления с нечетким корректирующим устройством амплитудного подавления;
3. Использовать программное обеспечение Step7 для создания программы автоматического управления с амплитудным корректирующим устройством.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по выполненной лабораторной работе должен содержать следующие пункты:

1. Цель работы.
2. Структурная схема лабораторного стенда
3. Результат выполнения лабораторной работы в виде скриншотов мнемосхемы.

4. Диаграмма функциональных блоков программы нечеткого КУ.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы по лабораторной работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите преимущества и недостатки нечеткого регулятора.
2. Какие языки программирования используются в пакете Step7?
3. Как реализовать корректирующее устройство с амплитудным подавлением в пакете Step7?
4. Объясните алгоритм Mamdani.

Учебное издание

Пэй Синьсинь

Нечеткое корректирующее устройство с амплитудным подавлением для систем автоматического регулирования

Методические указания к выполнению лабораторной работы № _ по курсу

«Адаптивные системы управления» для студентов, обучающихся по
направлению 27.04.04 «Управление в технических системах»